

근골격계질환 위험요인을 어떻게 평가할 것인가?

이 윤 근[‡]

노동환경건강연구소

How Evaluate for Work-Related Musculoskeletal Risk Factors?

Yun-Keun Lee[†]

Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health

Recent Korea initiatives have led to substantial interest in the identification and control of risk factors for work-related musculoskeletal disorders(WMSDs). And there has been increased interest in the undertaking of practical risk assessment and ergonomic interventions in the workplace. But there is no the guideline how evaluate for WMSDs risk factors?. The main aim of this paper is to review about evalu-

ation methods for WMSDs risk factors and to suggest the guideline to select for assessment tools in the various workplace.

Key Word: Work-related musculoskeletal disorders, assessment tool, risk factors

I. 서 론

새로운 산업 구조와 변화된 사회 환경으로 인해 작업 수행과 관련되어 우리나라에서 최근 급증하고 있는 직업병 중의 하나가 근골격계질환(Musculoskeletal Disorders)이다.

이러한 작업 관련성 근골격계질환은 특정한 신체 부위의 반복 작업과 불편하고 부자연스러운 작업 자세, 강한 노동 강도, 과도한 힘, 불충분한 휴식, 추운 작업 환경, 진동 등이 원인이 되어 주로 관절 부위를 중심으로 근육과 혈관, 신경

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

미국의 경우 2000년 한 해 동안 근골격계질환이 577,800건(전체 상해 및 질병 건수의 34.7%)이나 발생하여 이로 인한 많은 작업 손실 등 막대한 경제적 손실비용이 문제가 되고 있는 것으로 알려져 있다(OSHA, 2002). 반면 우리나라에서는 아직 이에 대한 정확한 실태가 파악되지 않고 있으나 2002년에 산업재해보상보험법에 의해 보상을 받은 근골격계질환자가

1,827명(전체 직업병 환자의 33.7%)이나 되어 최근 몇 년 동안 급증하는 추세를 보이고 있다(노동부, 2003).

이와 같이 근골격계질환 문제가 심화되자 최근 정부에서는 산업안전보건법을 개정하면서(2002년 12월) 법 제24조(보건상의 조치)에 '단순반복 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해 예방조치 사항'을 추가하여 이 문제에 대한 사업주의 의무사항을 법제화하였다(노동부, 2003). 또한 동법 시행규칙인 산업보건기준에 관한 기준 제9장(근골격계 부담작업으로 인한 건강장해의 예방) 제143조(유해요인조사)에서 근골격계부담 작업에 근로자를 종사하도록 하는 경우에는 3년마다 유해요인조사를 실시하도록 규정하고 2003년 7월 1일부터 시행하

접수일: 2003년 11월 22일, 채택일: 2003년 12월 3일

‡ 교신저자: 이윤근(서울특별시 중랑구 면목3동 568-1 노동환경건강연구소

Tel : 02-490-2090, E-mail : lyk4140@hanmail.net)

고 있다(노동부, 2003). 따라서 동 규칙에서 정하고 있는 근골격계부담작업에 해당되는 모든 사업장에서는 2004년 6월까지 의무적으로 유해요인조사를 실시해야만 한다. 유해요인 조사방법으로는 근로자와의 면담, 증상설문조사, 인간공학적 측면을 고려한 조사 등 적절한 방법을 사용하도록 되어 있으며, 한국산업안전공단(2003)에서는 KOSHA-CORD(H-30-2003)를 제정하여 유해요인 조사자, 조사내용, 조사방법 등을 제안하고 있다.

그러나 많은 사업장과 관련기관에서는 이러한 유해요인조사 방법에 대해 어떤 경우에 어떤 평가방법을 사용할 것인가와 관련하여 여전히 혼란스러운 것이 사실이다.

따라서 현재 작업 현장에서 비교적 많이 사용하고 있는 체크리스트들에 대해 각각의 평가기준과 장단점들을 비교해봄으로써 향후 각종 작업현장에서 이루어질 유해요인 조사에 도움이 될 수 있는 원칙과 기준을 제안하고자 한다.

체크리스트 고찰 대상은 미국 산업안전보건청(OSHA, 1999)과 한국산업안전공단(2003)에서 평가방법으로 공통적으로 제안하고 있는 8가지 방법 중 중량물 들기작업(NIOSH Lifting Equation, Snook Push/Pull Hazard Tables)과 국소진동(ACGIH Hand/Arm Vibration TLV)과 같이 독립적인 위험요인만을 평가하는 방법, 그리고 정량적 관리기준을 제시하고 있지 않은 평가방법(GM-UAW Risk Factor Checklist)을 제외하고, 정량적 관리 기준을 제시하고 있는 4가지 평가방법[Rapid Upper Limb Assessment, (McAtemney & Corleat, 1993) ; Job Strain Index(Moore & Garg, 1995) ; Washington State Appendix B(Washington State Department of Labor and Industries, 2000) ; Rapid Entire Body Assessment(Hignee & McAtemney, 2000)]과 조선소 등과 같이 비특이적인 작업현장에서 비교적 많이 활용되고 있는 Ovaco Working posture Analysing System(Karhu et al, 1977)방법을 추가하여 총 5가지 평가방법을 대상으로 하였다.

II. 위험요인은 무엇을 어떻게 평가하는 것인가?

미국 산업안전보건청(OSHA, 1999)에서는 근골격계질환을 평가하는 목적으로 2가지 접근방법을 제안하고 있다. 첫째는 사전적 접근(proactive approach)으로 위험요인을 평가하고 관리하기 위한 목적으로 작업분석에 초점을 맞추는 방법이고, 둘째는 사후적 접근(reactive approach) 방법으로 작업장 내에 문제가 표면화되기 시작하면 이에 대한 정확한 실태를 파악하는 것을 목적으로 근골격계질환의 발생률(incidence rate)과 강도율(severity rate)을 파악하는 방법이다.

특히 사전적 접근 방법에 있어 과거에는 작업장 내에 존재하는 근골격계질환의 위험요인을 분석하는 것은 주로 직접적인 요인 중의 하나인 물리적 스트레스(physical stress)에 대한 평가를 의미하였다. 그러나 최근 들어 이와 같은 직접적인 요인 외에 작업속도, 숙련도, 일의 다양성 등의 작업조직 특성과 관련된 요인들은 물론이고 작업에 대한 만족도, 동료 및 상사와의 관계 등 사회 심리적인 요인에 대한 연구들(ANSI, 1996 ; NIOSH, 1997 ; OSHA, 1999)이 진행되면서 이에 대한 관심이 증가하고 있다.

최근 국제인간공학회 기술위원회(International Ergonomics Association Technical Committee: IEA TC)에서는 상지(upper limbs)에 대한 반복 작업의 위험 요인을 다음과 같이 정의하고 그에 대한 예방 대책을 세울 수 있도록 제안하였다(Colombini, 1997).

- 1) 조직 체계(organization)
- 2) 반복-빈도(repetitiveness - frequency)
- 3) 힘의 정도(force)
- 4) 자세 및 동작의 형태(posture and types of movements)
- 5) 휴식시간과 그 주기(recovery periods distribution and duration)
- 6) 부가적 요소(complementary factors) : 진동공구의 사용, 극도의 정밀을 요하는 작업, 해부학적으로 국소의 물리적 접촉을 요하는 자세, 낮은 온

도, 부적절한 장갑의 사용 등 이 중에서도 힘, 반복정도, 자세, 휴식시간에 관한 내용은 누적외상성질환의 가장 큰 주요 위험 요인으로 알려져 있다 (Putz-Anderson, 1988).

위험 요인을 평가한다는 이러한 요인들을 다양한 방법을 이용하여 분석하는 것을 의미하며 각각의 평가 방법들은 고유한 장단점들을 가지고 있어 실제로는 상호 보완적인 방법을 이용하기도 한다. 현재 인간공학 분야에서 주로 활용되고 평가방법들은 다음과 같다.

- 1) 인체역학적 모델(biomechanical modeling)을 이용한 평가
- 2) 실험실에서의 시뮬레이션(simulations in the laboratory)
- 3) 각종 기기를 이용한 실측(direct measurements)
- 4) 표준화된 체크리스트(checklist)를 이용한 평가
- 5) 생리적 평가(physiological assessment)
- 6) 주관적 평가(self report)

그러나 주관적 평가 방법(전문가 관찰 혹은 자가 평가 방법)은 타당성이 떨어지고, 기기를 이용한 직접 측정과 실험적 평가, 그리고 인체역학적 평가방법들은 현장 평가의 한계점과 전문가들만이 평가할 수 있는 평가자의 제한성 등의 문제점들이 있다. 따라서 많은 작업들을 평가 대상으로 하고 있는 산업보건 분야에서는 체크리스트를 이용하면서 비디오 분석을 병행하는 것이 세계적인 추세다 (David & Nordstrom, 1998).

III. 어떤 평가도구들이 사용되고 있나?

체크리스트가 작업 현장에서 활용이 가능하기 위해서는 보다 쉽고 정량적 평가가 가능해서 작업장 관리에 이용될 수 있어야 하며, 특정 부위와 제한된 위험요인, 그리고 제한된 작업이 아닌 다양한 현장에서 활용 가능한 보편화된 구성요소를 갖추어야 한다. 또한 현장에서의 평가 결과 위험요인과 증상과의 노출-반응

관계가 확인되어 타당성이 입증되고 평가 도구로서의 신뢰도가 검증된 표준화된 점검표가 개발되어야 한다(이윤근 등, 2001). 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. 그러나 이러한 평가 방법 중 비교적 타당성과 신뢰도가 높고 많은 국가에서 범용적으로 사용하고 있는 체크리스트는 그리 많

지 않다.

미국 산업안전보건청에서는 이와 같은 많은 평가 방법 중에서 중량물 작업에 대한 평가 방법(NIOSH Lifting Equation, Snook Push/Pull Hazard Tables)과 국소진동에 대한 기준(ACGIH Hand/Arm Vibration TLV), 그리고 전반적인 근골격계질환 문제를 평가하기 위한 체크리스트 방법(GM-UAW Checklist, RULA, JSI, Washington State Appendix B, REBA) 등 총 8 가지 평가방법을 제안하고 있다.

표1은 미국 산업안전보건청에서 제안

하고 있는 평가 방법 중 정량적 관리기준을 제시하고 전반적인 근골격계질환의 위험성을 체크리스트로 평가하는 4가지 방법과 현재 국내 및 국제적으로 비특이적인 작업현장에서 비교적 많이 활용되고 있는 OWAS(Karhu et al, 1977)방법을 추가하여 어떤 작업특성에서 어떠한 위험요인들을 평가하는지를 요약 정리한 것이다.

핀란드 철강회사에서 개발한 OWAS (Karhu 등, 1977) 방법은 허리, 팔, 다리 등의 정형화된 작업자세와 힘(하중)에 대

Table 1. 주요 체크리스트의 위험요인 평가 항목과 대상작업

평가도구	신체부위	평가항목	평가대상 작업	관리기준
OWAS ¹⁾	•허리 •팔 •다리	•작업자세 •힘(하중)	•조선업 및 의료서비스업과 같이 비특이적인 작업자세가 문제되는 작업	4가지 관리 기준
RULA ²⁾	•손/손목 •아래팔 •팔꿈치 •어깨 •목 •허리 •다리	•작업자세 •반복성/정적동작 •힘(하중)	•조립작업 •VDT 작업 •기타 비특이적인 작업	4가지 관리 기준
JSI ³⁾	•손/손목	•작업자세 •과도한 힘 •반복성 •노출시간 •작업속도	•검사작업, 자료입력 작업, 포장작업 등과 같이 손목의 움직임이 많은 작업	4가지 관리 기준
Washington State Appendix B ⁴⁾	•손/손목 •아래팔 •팔꿈치 •어깨 •목 •허리 •무릎	•작업자세 •힘(손/손목, 팔) •반복성 •반복적인 충격 •중량물 들기 •국소진동	•각각의 위험요인에 1일 2시간 이상 노출되는 작업	2가지 관리 기준
REBA ⁵⁾	•손/손목 •아래팔 •팔꿈치 •어깨 •목 •허리 •다리	•작업자세 •반복성/정적동작 •힘(하중) •손잡이 상태 •행동점수	•병원종사자 등과 같이 비특이적인 작업을 주로 하는 서비스업 •VDT 작업	5가지 관리 기준

1) Ovaco Working posture Analysing System(Karhu et al, 1977)
 2) Rapid Upper Limb Assessment(McAtemney & Corleet, 1993)
 3) Job Strain Index(Moore & Garg, 1995)
 4) Washington State Appendix B(Washington State Department of Labor and Industries, 2000)
 5) Rapid Entire Body Assessment(Hignett & McAtemney, 2000)

한 요인을 추가하여 서로 교차체크(cross-check)한 고유한 코드값을 표에서 찾도록 되어 있다. 그 결과 최종 점수가 Class1에 해당되면 문제가 없는 작업 자세로, Class2는 근 시일 내에 재조사가 필요한 작업, Class3은 가능한 한 조기에 개선이 필요한 작업, 그리고 Class4는 즉시 개선이 필요한 작업으로 종합적인 판단을 하도록 되어 있다. 따라서 여러 작업 중에서 개선을 필요로 하는 작업을 우선적으로 선정할 수 있고 평가 과정이 쉽고 간단하다는 장점이 있는 반면 작업 자세 특성이 정적인 자세에 초점이 맞추어져 있고 중량물 취급 작업 외에는 작업에 소요되는 힘과 반복성에 대한 위험성이 평가에 반영되지 않아 한계점으로 지적되고 있다.

RULA(McAtamney 등, 1993) 평가방법은 인간공학 전문가가 평가하도록 개발되었는데 주로 팔(상완 및 전완), 손목, 목, 몸통(허리), 다리 부위에 대해 각각의 기준에서 정한 값을 표에서 찾고 그런 다음, 근육의 사용 정도와 사용 빈도를 정해진 표에서 찾아 점수를 더하여 최종적인 값을 산출하도록 되어 있다. 이 방법은 주로 작업 자세의 위험성을 정량적으로 평가하여 그 결과 최종 평가 점수가 1-2점은 적절한 작업, 3-4점은 추적 관찰 필요, 5-6점은 작업 전환 고려, 7점은 즉시 작업 전환 필요 등으로 구분하여 사후 관리 기준을 제시할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 원래 인간공학 전문가가 평가하도록 설계되어 있기 때문에 평가 과정이 너무 난해하고 진동이 문제되는 작업은 과소평가될 수 있다는 단점이 있다. Moore와 Garg(1995)에 의해 개발된 JSI는 인간공학작업 분석의 도구로서 생리학 및 인체역학(biomechanics)의 과학적 근거를 바탕으로 개발되었으며, 검증 과정을 통해서 의학적인 진단 결과와도 매우 유의한 타당성이 인정되었다는 장점이 있다. 평가과정은 지속적인 힘에 대해 5등급으로 나누어 평가하고 힘을 필요로 하는 작업의 비율, 손목의 부적절한 작업 자세, 반복성, 작업속도, 작업시간 등 총 6가지 요소를 평가한 후 각각의 점수를 곱

하여 최종 점수를 산출하게 된다. 평가 결과 점수가 3점 미만은 안전한 작업 3-5점은 불확실한 작업, 5-7점은 약간 위험한 작업, 그리고 7점 이상은 위험한 작업으로 즉시 작업개선이 필요한 작업으로 관리기준을 제시하게 된다. 그러나 이 평가 방법은 손목의 특이적인 위험성만을 평가하고 있어 제한적인 작업에 대해서만 평가가 가능하며, 손/손목 부위에서 중요한 진동에 대한 위험 요인이 배제되었다는 단점이 있다.

미국 워싱턴 주에서 사용하고 있는 Washington State Appendix B(Washington State Department of Labor and Industries, 2000)는 거의 모든 작업에 대해 범용적으로 평가할 수 있고 모든 신체 부위에 대해 독립적인 위험성 초과여부를 평가할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 신체 부위별로 각각의 작업자세, 힘, 반복성 등을 평가하고 주의가 필요한 작업(Caution)과 위험한 작업(Hazard)으로 결론을 내리게 된다. 특히 다른 평가 도구와는 달리 각각의 위험요인에 대한 노출시간을 경우에 따라 2시간 이상, 4시간 이상(pinch 및 grasp 과정에서 소요되는 힘에 대해서는 3시간 이상)으로 나누어 위험성의 정도를 달리해주고 있다. 또한 다른 평가도구에서 제외하고 있는 손 및 무릎을 이용한 반복적인 충격작업과 진동에 대한 요인이 평가과정에 포함되어 있어 비교적 많은 작업에 대해 범용적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 작업자세의 기준이 극단적인 자세만을 기준으로 하고 있고, 위험요인 노출 시간을 1일 2시간 이상일 때(국소진동은 경우에 따라 30분)만을 평가 대상으로 하고 있어 다른 평가 방법에 대해 엄격한 기준을 적용하고 있다는 지적이 있다.

REBA(Hignett & McAtamney, 2000)는 비교적 최근에 개발된 평가방법으로 근골격계질환과 관련된 유해요인에 대한 개별 작업 평가를 목적으로 개발되었으며, RULA 평가표를 보완한 것이다. 주로 예측이 힘든 다양한 자세에서 이루어지는 서비스업에서의 전체적인 신체에 대한 부담 정도를 평가하는 데 적합하다.

전체적으로는 RULA 평가방법과 매우 유사한 방법으로 주로 반복성, 정적작업, 힘, 작업자세 등을 평가하도록 되어 있다. 특히 RULA 평가방법과는 달리 육체적인 하중을 좀 더 엄격하게 적용하고 있으며, 중량물에 대한 손잡이 상태 및 행동 점수를 추가하여 평가하도록 되어 있다. 최종적인 평가 결과는 1-15점 사이의 총점으로 나타내어지며, 1점은 안전한 작업(조치단계 0), 2-3점은 무시해도 좋은 작업(조치단계 1), 4-7점은 보통 작업(조치단계 2), 8-10점은 위험도가 높은 작업(조치단계 3), 11-15점은 위험도가 매우 높은 작업(조치단계 4) 등 총 5개의 조치 단계로 분류되어 결론을 내리게 된다. 그러나 RULA와 마찬가지로 평가 과정이 복잡하고 난해하여 전문적인 교육이 필요하다는 단점이 있다.

각각의 평가 방법에 대한 장단점은 표 2에 정리하였다.

IV. 평가기준은 어떻게 다른가?

1. 작업자세

부적절한(혹은 불편한) 작업 자세란 작업이 수행되는 동안 각각의 신체 부위에서의 중립적인 위치(neutral position)를 벗어나는 자세를 말한다. 예를 들면, 등을 곧바로 폈을 때와 비교하여 등을 구부리거나 뒤로 젖히거나, 비틀면서 물체를 다루거나 내리거나 올리거나 할 때 척추 디스크에 더 많은 부담이 가해지게 된다. 어깨나 엉덩이, 무릎, 팔, 손목, 팔꿈치 등을 계속해서 반복적으로 구부리거나 비틀림을 요구하는 작업 또한 이러한 관절에 부담을 가중시키게 된다. 특히 빈번하게 또는 계속해서 어깨위로 들어올리는 작업은 매우 부담이 큰 것으로 알려져 있다.

체크리스트에서 작업자세를 평가하는 것은 바로 이러한 중립적인 자세를 벗어난 부적절한 자세를 신체 부위별로 나누어 노출 유무를 평가하게 된다. 그러나 부적절한 작업자세의 기준 혹은 위험성

Table 2. 주요 평가 도구의 장단점

평가도구	장 점	단 점
OWAS	<ul style="list-style-type: none"> •특별한 기구 없이 관찰만으로 평가 가능 •이용하기가 쉽고 평가 과정이 간단함 •비전문가도 평가가 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> •주로 작업자세가 문제되는 비특이적인 작업에만 분석이 가능 •작업개선을 위해서는 추가적인 세부 분석이 필요 •작업자세의 기준이 명확하지 않음
RULA	<ul style="list-style-type: none"> •모든 신체부위의 평가가 가능 •평가자간의 신뢰도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> •평가과정이 복잡하여 전문적인 교육을 받아야 함 •진동이 문제되는 작업은 평가에서 제외
JSI	<ul style="list-style-type: none"> •손목 부위의 타당도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> •손목 부위만 제한적으로 쓸 수 있음 •국소진동 작업의 과소평가 가능성 •힘에 대한 평가가 주관적임
Washington State Appendix B	<ul style="list-style-type: none"> •명확한 관리기준을 제시할 수 있음(주의, 위험 수준) •각각의 신체부위에 대해 독립적인 평가가 가능 	<ul style="list-style-type: none"> •노출시간 규정(1일 2시간 이상)에 대한 논란이 있음
REBA	<ul style="list-style-type: none"> •비특이적인 작업도 평가할 수 있음 •평가자간의 신뢰도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> •평가과정이 복잡하여 전문적인 교육을 받아야 함 •진동이 문제되는 작업은 평가에서 제외

Table 3. 주요 체크리스트의 작업자세 평가기준

평가도구	손/손목	팔/팔꿈치	어깨	목	허리	다리/무릎
OWAS		<ul style="list-style-type: none"> •팔 어깨 위 들기 			<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 •비틀 	<ul style="list-style-type: none"> •구부리기 •무릎꿇기 •걸기
RULA	<ul style="list-style-type: none"> •신전/굴곡 (<0-15, ≥15 °) •편향(유/무) 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (60-100, ≥100, <60 °) 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (<20, 20-45, 45-90, ≥90) ° 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡(<10, 10-20, ≥20 °) •신전 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡(<20, 20-60, ≥60 °) •신전 	<ul style="list-style-type: none"> •안정성
JSI	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡(5등급) •신전(5등급) •편향(5등급) 					
Washington State Appendix B	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡(≥30 °) •신전(≥45 °) •편향(≥30 °) 		<ul style="list-style-type: none"> •손이 머리 이상 혹은 팔꿈치 어깨 이상 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (≥45 °) 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (≥30 °, ≥45 °) 	<ul style="list-style-type: none"> •쫓그리기 •무릎꿇기
REBA	<ul style="list-style-type: none"> •신전/굴곡 (<0-15, ≥15 °) •편향(유/무) 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (60-100, ≥100, <60 °) 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (<20, 20-45, 45-90, ≥90) ° 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (0-20, ≥20 °) •신전 	<ul style="list-style-type: none"> •굴곡 (<20, 20-60, ≥60 °) •신전(≥20 °) 	<ul style="list-style-type: none"> •안정성

의 정도는 연구자들에 따라 많은 차이를 보이고 있고 이러한 차이는 각각의 체크리스트에서 규정하고 있는 작업자세 기준에서도 확인할 수 있다.

OWAS 평가 방법에서는 부적절한 작업자세 기준을 정량적인 그림으로 제시하고 있으며, 이에 대한 구체적인 각도는 제시해주지 않고 있다. 따라서 평가 과정에서 평가자에 따른 판단기준이 서로 달

라 최종적인 분류 코드가 달라질 수 있는 단점이 있다. 팔 및 어깨에 대한 자세는 팔을 어깨 위로 한쪽 팔만 들어올리는지 혹은 양팔을 다 들어올리는지를 기준으로 3가지 자세를 평가하고 있고 기타 허리를 숙이거나 비틀는 자세에 따라 4가지 자세유형, 그리고 다리를 구부리거나 무릎을 꿇는 정도에 따라 7가지의 자세유형을 제시해주고 있다.

RULA 및 REBA의 작업자세는 거의 동일한 기준으로 평가하고 있고 다른 평가 방법에 비해 상대적으로 좀더 세밀하게 자세 기준을 제시하고 있다. 예를 들어 Washington State Appendix B에서는 어깨의 작업 자세에서 90° 이상 상완을 들어올리는 극단적인 자세를 평가 기준으로 제시하고 있는 반면 RULA나 REBA에서는 이를 20° 미만, 20-45°, 45-90°, 90° 이

상으로 세분화하여 각각의 점수를 1점에서 4점까지를 부여하고 있다. 이러한 경향은 손목 및 목, 허리부위에서도 마찬가지로이다.

Washington State Appendix B 평가방법에서는 작업자세를 주로 위험성이 큰 극단적인 작업자세만을 평가 대상으로 하는 특징이 있다. 즉, 손목에서는 30° 이상 굴곡되거나 혹은 45° 이상 신전되는 작업자세, 어깨는 90° 이상, 목은 45° 이상의 경우에만 체크하도록 되어 있다. 반면 RULA나 REBA에서는 손목의 경우 15° 이상, 어깨는 20° 이상, 목은 20° 이상 굴곡될 때부터 위험점수를 부가하도록 되어 있어 각도의 기준 자체에 많은 차이가 있다.

2. 반복성/정적인 동작

일반적으로 반복성에 대한 기준은 작업주기(cycle time)가 30초 미만이거나 혹은 한 작업 단위가 전체 작업주기의 50% 이상을 차지할 때 위험성이 있는 것으로 판단하고 있다.(Silverstein et al, 1987), 또한 Kilbom(1994)은 반복성에 대한 고위험 기준을 손가락은 분당 200회 이상, 손목/전완은 분당 10회 이상, 상완/팔꿈치는 분당 10회 이상, 어깨는 분당 2.5회 이상으로 제시하였다. 그러나 이러한 반복성의 기준은 절대적인 것이 아니며, 만약 반복되는 자세에다 힘, 작업속도, 정적 혹은 극단적 자세 등이 더해지면 위험성은 더

커져 매우 위험한 작업(very high risk job)으로 평가하고 있다(Silverstein et al, 1987).

정적인 자세는 근육에 영양을 공급하고 신진대사의 노폐물을 내보내는 데 필요한 혈액 순환에 지장을 주어 피로가 발생하게 된다. Cooper 등(1994)의 연구에 의하면 하루에 30분 이상 쪼그린 자세를 유지한 것이 무릎 퇴행성관절염의 유병율이 높다고 하였으며(OR 6.9), 만성적인 혈류감소는 고정적인 근육 수축이 근골격계질환으로 이행되는 데 영향을 미친다고 하였다. 또한 Grandjean(1988)은 정적인 동작 자세의 기준을 힘든 일은 10초 이상, 보통의 작업은 1분 이상, 적은 힘이 드는 작업은 4분 이상으로 정의하였다.

그러나 대부분의 체크리스트에서는 이러한 반복성과 정적인 자세의 기준을 그대로 적용하고 있지 않다. 5가지의 평가방법 모두가 신체 부위별로 나누어 독립적인 위험요인으로 평가하지 않고 전체 작업 상황에서 짧은 작업 주기 중심으로 평가하고 있다.

RULA와 REBA에서는 분당 4회 이상 혹은 1분 이상의 정적인 자세가 있는지를 평가하고 있으며, JSI에서는 좀더 구체적으로 세분화하여 반복성 기준을 5가지 기준으로 평가하고 있다. 반면 Washington State Appendix B 평가방법에서는 구체적인 기준 없이 수초 간격으로 반복되는 짧은 작업 주기일 때 반복성이 있는 것으로 평가하고 있다.

3. 힘

강력한 힘을 요구하는 일은 근육, 건, 인대, 관절에 더 큰 부담을 주게 된다. 힘이 들수록 증가된 힘을 유지하는데 필요한 다른 심리적 요구와 더 많은 근육의 힘과 같은 신체적 요구가 증가하게 된다. 이러한 형태의 경험이 지속되고, 또한 회복에 요구되는 시간이 확보되지 않았을 때는 피로감뿐만 아니라 근골격계질환을 유발할 수 있다. 또한 오랜 기간 동안 같은 근육이나 움직임이 요구하는 일은 전신피로와 국소피로 모두를 증가시킨다. 그러나 작업 중 힘을 측정하는 데는 많은 한계가 있어 근육의 활동을 대신 측정하여(근전도)데이터를 특성화시키는 방법을 이용하거나(실험적 방법) 작업자가 느끼는 부하를 점수(Borg scale)로 체크하여 평가하는 방법이 주로 이용되고 있다(Moore & Garg, 1995). 특히 반복성과 힘이 결합될 때 위험성이 더 커지는 것으로 알려져 있어 높은 힘-고반복 작업일 때(Odds ratio 15.5) 가장 문제되는 것으로 보고 되고 있다(Armstrong, 1987).

각각의 체크리스트에서 제시하고 있는 힘의 평가 방법은 크게 2가지 나누어지고 있다. 하나는 JSI 평가방법에서 채택하고 있는 방법으로 힘 평가의 복잡함과 난해함을 극복하기 위하여 실제 작업자가 느끼는 부하 정도를 Borg 척도를 이용하여 주관적으로 평가 하는 방법이다. 다른 하나는 절대적인 하중을 기준으로 취급하는

Table 4. 주요 체크리스트의 반복성 평가기준

평가도구	반복성 평가기준	비 고
OWAS	•평가항목 없음	
RULA	•분당 4회 이상의 반복적인 동작 혹은 1분 이상의 정적인 동작	•팔/손목(Part A), 목/목통/다리(Part B)로 구분하여 평가
JSI	•손목에 대해서만 분당4회 미만, 4-8회, 9-14회, 15-19회, 20회 이상	•반복회수가 증가할수록 0.5-3점까지 가중치를 줌
Washington State Appendix B	•수초 간격으로 반복되는 작업주기(손, 손목, 목, 어깨, 팔꿈치) •지속적인 키보드 입력작업	•작업자세 각도(손목) 및 노출시간에 따라 위험성을 달리해줌
REBA	•분당 4회 이상의 반복적인 동작 혹은 1분 이상의 정적인 동작	•행동점수에서 1점을 추가해줌

물체의 중량이 어느 정도인지를 나누어 점수를 부여하는 방법으로 OWAS, RULA, REBA, Washington State Appendix B 체크리스트가 이 방법을 사용하고 있다.

그러나 이러한 평가 방법은 서로 장단점을 가지고 있다. 주관적인 평가방법은 힘을 필요로 하는 작업에서 작업자세를 고려하여 어느 정도 힘든지를 평가하기 때문에 비교적 종합적인 상황이 고려될 수 있다는 장점이 있는 반면 객관적이지 못하다는 단점이 있다. 반면 절대적인 하중을 기준으로 평가하는 방법은 중량

물을 들어올리는 작업자세나 빈도 등에 따라 복잡한 역학적인 관계 속에서 힘을 필요로 하지만 이러한 상황 등이 고려되지 않고 있어 경우에 따라 저 평가될 수 있다는 단점이 있다.

점에 대해 살펴보았다.

이러한 결과를 바탕으로 향후 체크리스트를 이용하여 위험요인을 평가할 때는 다음의 원칙을 고려하여 가장 적절한 평가 방법을 선택적으로 사용할 것을 제안한다.

V. 결론 및 제안

지금까지 비교적 범용적으로 사용되고 있는 5가지의 체크리스트 평가방법에 대한 평가항목과 기준 그리고 각각의 장단

- 1) 평가자의 훈련 정도를 고려하여 선택할 것
- 평가 방법에 따라 평가 과정이 복잡하여 반복적인 실습을 필요로 하거나 또는 작업자세에 대한 기본적인 평가 기준을

Table 5. 주요 체크리스트의 힘에 대한 평가기준

평가도구	반복성 평가기준	비고
OWAS	•10kg 이하, 10-20kg, 20kg 이상의 하중으로 나누어 평가	
RULA	•2kg 이하, 2-10kg, 10kg 이상으로 나누어 평가	•간헐적 작업, 지속적 혹은 정적인 작업 유무에 따라 최고 3점까지 점수를 부가해줌
JSI	•Borg 척도를 이용하여 5등급으로 평가	•등급에 따라 1점-13점까지의 가중치를 줌
Washington State Appendix B	•2파운드 이상의 물건을 손가락 집기로 드는 경우 혹은 4파운드 이상의 힘이 소요되는 손가락집기 동작 •10 파운드 이상의 쥐는 힘 •75파운드 이상 들기작업(1일 1회 이상) •55파운드 이상 들기작업(1일 10회 이상) •25파운드 이상 들기작업(1일 25회 이상, 어깨높이 혹은 무릎 아래에서) •75파운드 이상 들기작업(분당 2회 이상, 1일 2시간 이상)	•손목에 대한 힘은 작업자세 각도 및 노출시간에 따라 위험성을 달리해줌
REBA	•5kg 이하, 5-10kg, 10kg 이상으로 나누어 평가	•충격 혹은 갑작스런 힘의 사용이 있을 때는 부가점수 추가 •손잡이 상태에 따라 최고 3점까지 부가점수 추가

Table 6. 근골격계질환 위험요인 평가도구를 선택할 때의 고려 사항

구분	세부내용	평가도구
평가자를 고려할 때	8시간 내외의 기초교육을 받은 자 16시간 이상의 전문 교육을 받은 자	OWAS, RULA, JSI, REBA, Washington State Appendix B
작업특성을 고려할 때	조립작업과 같이 일정한 작업주기로 수행되는 작업 조선업, 서비스업과 같이 정형화되지 않은 작업 검사, 자료입력 작업과 같이 고정된 자세(앉은 자세 등)에서 주로 손/손목만을 사용하는 작업	RULA, Washington State Appendix B REBA, OWAS JSI
신체부위를 고려할 때	전반적인 신체 부위가 문제되는 작업 주로 손/손목 부위가 문제되는 작업 주로 허리, 하지, 팔이 부위가 문제되는 작업	RULA, REBA, Washington State Appendix B JSI OWAS

사전 지식으로 필요로 하는 경우가 있다. OWAS 평가방법은 가장 간단하고 쉽게 되어 있어 근골격계질환의 전반적인 개론과 위험요인 평가 방법 등을 중심으로 기본적인 교육(8시간 내외)을 받은 사람이라면 누구나 이용할 수 있는 방법이다. 기타 다른 평가방법은 인체역학적인 기본지식과 작업자세 평가 방법, 힘에 대한 평가 기준 등 전문적인 교육(16 시간 이상)과 실습을 받아야만 평가할 수 있는 방법들이다. 따라서 평가방법에 따라 적절한 사전 교육을 반드시 받고 충분한 실습을 거친 후 평가해야 한다. 통상적으로 근골격계질환 예방과 관련된 인간공학 교육 프로그램에서는 기초과정(8시간 이상), 전문과정(16시간 이상), 심화과정(32 시간 이상) 등으로 나누어 진행되고 있다 (NIOSH, 1997).

2) 작업특성을 고려하여 선택할 것
어떤 평가방법은 작업 특성과 관계없이 범용적으로 사용할 수 있는 반면 어떤 평가 방법은 비 특이적인 작업 특성에 맞도록 개발된 평가방법이 있다. 따라서 평가하고자 하는 작업 특성을 사전에 파악한 후 가장 적절한 평가 방법을 사용해야 한다. 경우에 따라서는 한 작업장 내에서 각각 서로 다른 평가도구를 사용해야 하는 상황이 있을 수 있음을 고려해야 한다.

3) 평가하고자 하는 신체 부위를 고려하여 선택할 것
평가 방법에 따라 전반적인 신체 부위를 평가해야 하는지 혹은 손/손목과 같이 특정한 신체 부위만을 평가해야 하는지를 고려하여 가장 적절한 평가 방법을 선택해야 한다. 특히 중량물 들기 작업에 의한 허리의 독립적인 문제는 NIOSH Lifting Equation 혹은 Snook Push/Pull Hazard Tables을 이용할 수 있으며, 만약 국소진동이 문제될 때는 진동에 대한 평가를 통해 ACGIH Hand/Arm Vibration TLV를 적용해야 한다.

4) 평가 결과를 절대적 기준으로 적용하지 말 것

평가 결과 위험성을 초과한다고 해서 반드시 근골격계질환이 문제되거나 혹은 기준 미만이라고 해서 문제가 되지 않는다고 결론을 내릴 수는 없다. 즉, 평가 결과는 작업개선 대상을 선정하거나 향후 근골격계질환 발생 가능성이 높은 관리 대상을 파악하는 데 참고할 수 있는 기준으로 사용되어야 한다. 왜냐하면 근골격계질환을 일으키는 요인들은 한 가지가 독립적으로 문제되는 것이 아니라 다양한 위험요인들이 서로 복합적인 관계 속에서 질환의 원인이 되고 있고 또한 이러한 상호 관계를 종합적으로 고려한 평가 방법은 아직 없기 때문이다.

5) 반복적인 훈련 과정과 실습을 거친 후 평가를 실시할 것
동일한 작업 과정을 여러 사람이 같이 평가하면서 서로 다르게 평가되는 차이점 등을 비교 평가하는 등의 훈련과 실습 과정을 반드시 거쳐야만 좀더 객관적인 평가가 이루어질 수 있다. 또한 이러한 훈련 과정이 원활하게 이루어지기 위해서는 정부 및 관련 학회에서 평가 방법에 대한 매뉴얼을 만들고 많은 교육 기회를 제공해야 한다.

REFERENCES

노동부. 산업재해조사분석. 노동부, 2003
 노동부. 산업안전보건법. 노동부, 2003
 이윤근, 임상혁, 박희석, 김현욱. 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발. 한국산업위생학회지 2001;11(1):56-69
 한국산업안전공단. 근골격계 부담작업 유해요인 조사 지침. KOSHA CODE H-30-2003; 2003
 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. Introduction: Cumulative Trauma Disorders. The University of

Michigan; 1997. p.1-25.
 Colombini D, Occhipinti E. Proposal by the IEA TC for description and assessment of repetitive movements risks, Proceedings of the 13th IEA. 1997(4): 34-36.
 Cooper et al. Occupational activity and osteoarthritis of the knee. Annals of the Rheumatic Diseases 1994;(53):90-93.
 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
 Erdil M, Dickerson OB. Cumulative trauma disorders, preventive, evaluation and treatment. Van Nostrand Reinhold; 1997. p.88-89.
 Hignett S.,McAtamney L. Rapid entire body assessment(REBA). Applied Ergonomics 2000;31:201-205.
 Karhu O, Knasi P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry, a practical method for analysis. Appl Ergo 1977;8:199-201.
 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.
 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. 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.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Elements of ergonomics programs. DHHS publication No. 97-117; 1997.
- 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; 2002.
- Putz-Anderson, V. Cumulative Trauma Disorders, NIOSH(Taylor & Francis). 1988
- 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.
- Washington Department of Labor and Industries. Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach; May 2000.