

## 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 작업시스템 평가킷의 표준화

### - Standardization of the Ergonomics Kit for Evaluating Musculoskeletal Hazards in the Work System -

김 상 호 \*

Kim Sang Ho

이 홍 태 \*\*

Lee Hong Tae

#### Abstract

A standardized ergonomics kit is suggested to evaluate and reduce musculoskeletal hazards that yield large socioeconomic burdens in the work system. This kit comprises basic and detailed analysis tools with proper tool selection rules. The basic tool includes a checklist for various risk factors to screen potentially hazardous jobs among manual works. Selective detailed analysis tools can then be applied to the screened job lists for more quantitative and precise evaluation. The tool selection rules are devised for using the basic and detailed analysis tools in a mutually supplemental way.

To validate the standardized ergonomics kit, it was applied to evaluate jobs related to the musculoskeletal hazards in a paper-making industry. Among 101 manual jobs investigated, 44 potential hazardous jobs were screened during basic investigation phase and finally 16 hazardous jobs were identified by the detailed analysis phase. The result provided fairly promising ideas of ergonomic interventions for the hazardous jobs.

**Keyword : Musculoskeletal Disorders, Work System Analysis, Ergonomics Kit**

---

† 본 논문은 금오공과대학교 학술연구비 지원에 의한 연구결과임.

\* 금오공과대학교 산업시스템공학전공

\*\* (주)유한김벌리 김천공장 안전관리실

## 1. 연구배경 및 필요성

근골격계질환이란 장시간에 걸쳐 반복되는 단순작업으로 인해 발생한 기계적 스트레스가 신체에 누적되어 근육, 혈관, 관절, 신경 등에 미세한 손상을 유발함으로써 손가락, 손목, 어깨, 목, 허리 등의 만성적인 통증과 감각이상을 초래하는 대표적인 직업성 질환이다[9]. 근골격계질환으로부터 작업자들을 보호하고 이로 인해 발생하는 경제적 손실을 막기 위해서는 작업방법 및 작업장의 인간공학적 개선을 통한 예방이 중요하며, 이를 위해 작업장 내에서 근골격계질환을 유발할 수 있는 유해작업 유형을 파악하고 그에 따른 작업부하를 평가하여 과도한 부담을 발생시키는 유해요인을 제거하기 위한 노력이 필요하다. 우리나라에서는 근골격계질환에 대응하기 위하여 사업주의 예방조치에 대한 법적 근거를 마련한 산업안전보건법 개정안이 2003년 7월 1일부터 시행됨으로써 근골격계질환 예방을 위한 인간공학 프로그램과 같은 체계적이고 유기적인 산업보건관리시스템에 대한 전반적인 관심이 크게 증가하고 있다. 이 법률에 의거하여 작업자들에게 근골격계 부담작업을 수행하도록 하는 모든 사업장에 대해서는 유해요인조사, 작업환경개선, 의학 적 조치, 유해성 주지 및 근골격계질환 예방프로그램의 수립·시행 등과 같은 사업주의 의무가 구체적으로 규정되었다[4].

근골격계질환 유해요인조사의 목적은 특정작업의 근골격계 작업부담도를 정량적으로 산출하고 이를 유발하는 유해요인의 파악과 그 제거를 위한 개선안을 도출하기 위한 것으로 이를 수행하기 위해서는 상당한 수준의 인간공학적 지식이 필요하다. 때문에 산업 현장의 안전보건 담당자들은 지식과 경험부족으로 업무진행에 큰 어려움을 겪고 있으며, 자칫 일부 대기업 위주로 유해요인조사 및 개선활동이 이루어질 소지가 높다. 실제로 한국노총에서는 초년도 유해요인조사 기한인 2004년 6월 30일을 앞두고 실시한 실태조사에서 많은 사업장들이 조사를 실시하지 않은 것으로 파악하고 미조사사업장에 대한 고발센터를 설치, 운영하는 등의 대책을 마련한 바 있다[20]. 또한, 관련법규의 개정 등 근골격계질환 예방을 위한 노력은 과거에 비해 진일보한 것으로 평가받고 있으나, 실질적인 근골격계질환 예방프로그램의 운영이나 산업재해 판정기준과 같은 구체적인 사안에 있어서는 노사정 이해당사자들 간에 아직도 상당한 견해차가 나타나고 있다. 일례로 한국경영자총협회 등이 근골격계질환의 직무관련성 여부에 대한 보다 명확한 판정기준의 필요성을 제기한 바 있으며, 이에 따라 노동부와 근로복지공단에서는 ‘근골격계질환 업무관련성 인정기준 처리지침(안)’을 마련하였다. 그러나 노동계에서는 정부의 이러한 조치가 근골격계질환자의 보호를 위한 대안을 제시하기는커녕 오히려 산재인정의 문턱을 높이고 임의적으로 환자의 치료기간을 줄이려 한다며 처리지침안의 폐기를 추구하고 있다[19]. 이와 함께 상대적으로 어려운 작업여건을 지닌 소규모사업장과 비정규직 노동자들에 대한 근골격계질환 실태조사 등 제도개선의 필요성을 제기하고 있다.

근골격계질환 예방활동과정에서 이해당사자들 간의 견해차는 기본적으로 상호간의 신뢰감 부족에 기인한 것이지만, 근골격계질환에 대한 위험성을 평가할 수 있는 통일되고 표준화된 방법론이 존재하지 않는다는 점이 문제를 더욱 어렵게 하고 있다. 현재 노동부의 관련규정에 따르면 작업장에 대한 근골격계질환 위험성 평가를 자체적으로 실시할

수 있으며 필요 시 외부 인간공학전문가의 참여를 허용하고 있으나, 평가에 사용하는 분석방법론이나 판정기준에 대한 일정수준의 표준화가 이루어지지 않을 경우 평가결과 불일치나 객관성의 결여와 같은 부작용을 피할 수 없을 것이다. 이러한 문제점을 해결하고 근골격계질환 예방활동을 보다 활성화시키기 위해서는 무엇보다도 작업시스템에 포함된 유해요인들을 보다 객관적이고 과학적으로 분석해줄 수 있는 인간공학적 평가킷의 표준화와 이의 효율적인 현장보급이 선행되어야 할 필요성이 매우 크다.

## 2. 작업시스템의 유해요인 평가도구

### 2.1 평가도구의 종류 및 적용범위

표준화된 평가킷에 포함시킬 유해요인 평가도구들을 선정하기 위해서는 기존 평가도구들의 종류와 적용 가능한 작업의 범위, 각 기법들이 지닌 장단점들을 충분히 고려해야 한다. 미국, 영국, 스웨덴, 핀란드 등의 선진 산업국에서는 이미 오래전부터 근골격계질환 예방과 관련된 많은 연구를 수행하여 왔으며, 현 시점에서 사용되고 있는 대부분의 평가 기법, 이론들은 이들 선진국의 연구결과에 의존하고 있는 실정이다. 근골격계질환은 다양한 원인이 복합적으로 작용하여 유발되는 것으로 알려져 있으며, 많은 문헌들에서 공통적으로 언급하고 있는 대표적 유발요인들을 정리하면 < 표 1 >과 같다[17, 22, 23].

< 표 1 > 근골격계질환의 유발요인

작업특성 요인	작업자 특성요인	사회심리적 요인
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부자연스러운 작업 자세</li> <li>- 과도한 힘의 발휘</li> <li>- 반복적인 동작</li> <li>- 놀리거나 단단한 면과 접촉</li> <li>- 과도한 진동</li> <li>- 추운 환경</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연령 및 성별</li> <li>- 사고경력과 MSD관련 유사 질병력</li> <li>- 작업 경력</li> <li>- 부적절한 작업 습관</li> <li>- 규칙적 운동의 미실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 직업 만족도</li> <li>- 직장에서의 좋지 못한 인간관계</li> <li>- 업무적 스트레스</li> <li>- 기타 정신 및 심리 상태</li> </ul>

< 표 1 >에 언급한 세 가지 요인들 중 어느 정도 객관적 접근이 가능한 작업특성 요인이 인간공학분야에서 주로 연구되어왔다. 작업특성 요인들 중 특히 부하의 크기, 반복회수, 지속시간이 근골격계질환의 발병과 관련된 역학적 노출(mechanical exposure)의 양을 결정하는 것으로 알려져 있다[28]. 따라서, 작업시스템에 내재된 유해요인의 정도를 평가하기 위한 도구는 이 세 가지 요인에 따른 영향을 동시에 고려한 작업부하 혹은 자세부하를 정량화할 수 있어야 한다. 또한 궁극적으로는 어느 정도의 부하, 반복 혹은 지속시간이 근골격계질환을 유발할 수 있는 지에 대한 지수화(indexing)와 함께 그에 대한 과학적이고 실증적인 근거를 제시할 수 있어야 한다. 그러나, 기존 연구들은 대부분 자세부하 평가도구의 개발, 반복 요인의 영향, 외부부하나 가하는 힘의 영향, 지속시간의 영향 등을 개별적으로 다루어왔으며, 이들 요인들을 통합하기 위한 연구는 부족한 실정이다.

다. 비교적 다양한 작업특성 요인들을 함께 고려한 평가도구로는 UAW-GM[13], ANSI Z-365[12], WAC 296-62-05174[3], QEC[21] 등과 같은 체크리스트 형태를 들 수 있다. 이들 체크리스트 형태의 평가도구들이 공통적으로 지닌 또 다른 장점은 상지와 허리, 하지 등 인체관절 전반에 걸쳐 발생하는 작업부하 정도를 평가하기 때문에 비교적 다양한 작업범위에 적용할 수 있다는 점이다. 그러나, 다양한 유해요인들의 포괄적인 영향을 평가하면서도 지나치게 복잡한 평가과정을 피하기 위해 분석내용을 단순화함으로써 각 요인이나 부하관절에 대한 세부적인 분석에는 한계를 지니고 있다.

부하의 크기를 다루는 기존의 연구들도 대부분 자세부하의 크기를 평가하는 방법의 개발에 집중되어 왔다. 자세부하를 평가하는 방법으로는 설문지법, 육안으로 자세를 관측하고 자세분류체계를 자세를 기록하는 직접관측법 혹은 video tape를 이용한 간접 관측법과 경사계(inclinometer), 근전도(electromyography), 전자식 측각기(goniometer), 전자자기(electromagnetic device) 등을 이용한 직접측정법 등을 들 수 있다. 자세부하를 정량화하는 방법 중 자세분류체계를 이용한 관측법이 사용의 간편성으로 인하여 가장 널리 사용되고 있다. 자세분류체계에 의한 자세부하 정량화 방법으로 잘 알려진 기법들은 OWAS[14], PATH[8], PLIBEL[15], RULA[24], VIRAL[16], REBA[10] 등이다. 실제 산업현장에서는 사용하기 쉽고 간편한 OWAS, RULA가 많이 활용되고 있다. 그러나, 이들 기법들은 앞서 언급한 바와 같이 부하의 세 가지 요소, 즉 크기, 반복, 지속시간 중 주로 부하 자체의 크기 요소만을 평가하며, 반복이나 지속시간 요인의 평가는 상세하게 다루어지지 않고 있다. 이들 기법들을 이용하여 근골격계질환의 유해요인을 평가할 경우 실제보다 과소평가하는 결과를 낼 수 있다[2]. 따라서, 부적절한 자세 이외의 유해요인이 함께 존재하는 경우에는 자세부하 평가도구와 기타 요인들을 평가하기 위한 도구들을 함께 사용하는 것이 바람직하다.

자세부하 평가도구들은 주로 자세에 따른 지체의 불편도를 중심으로 유해성 정도를 평가하지만 주어진 자세에서 체중이나 취급물의 하중 또는 근력의 발휘 등에 의해 발생하는 생체역학적 부담도를 평가할 필요가 있다. 이러한 용도의 대표적 평가도구로는 미국 미시건대학교 Chaffin교수 등이 개발한 3D SSPP[3,11]를 들 수 있다. 3D SSPP는 주어진 자세와 외부하중 조건에서 주요관절에 발생하는 역학적 부하량을 계산해주며 해당 부하를 부상의 위험없이 소화해낼 수 있는 작업자의 백분위(percentile) 정보를 제공해주기 때문에 다양한 작업을 분석하는데 사용될 수 있다. 그러나, 이 도구는 정적이거나 매우 느리게 움직이는 작업을 기본으로 가정하고 있기 때문에 특정 순간에 발생하는 부하만을 평가하며 지속시간이나 작업빈도에 의한 반복성 요인을 반영할 수 없다는 단점을 지니고 있다. 자세와 외부하중에 따른 역학적 부담도와 함께 반복성에 의한 생리적 부담도를 함께 고려하는 평가도구로는 JSI[25], Snook과 Ciriello의 lifting, lowering, push, pull force table[26], 1991 revised NIOSH lifting equation(NLE) [27] 등이 있다. 이들이 지닌 공통점은 다양한 유해요인의 영향을 통합적으로 고려하며 매우 세부적인 수준까지 평가가 가능하나 그 분석대상인 작업범위나 관심의 대상인 관절부위를 국부적으로 한정한다는 것이다. JSI는 손과 손목에 부하되는 부하량의 크기를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, NLE는 다양한 들기작업 과정에서 발생하는 부하량의 크기를 계산함으로

써 안전하게 작업할 수 있는 작업물의 최대무게를 산출하기 위한 목적으로 개발된 도구이다. NLE의 경우 생체역학적 작업부하량을 오직 허리에 부과되는 부하량만을 기준으로 평가한다. 한편, Snook 등에 의한 Push-Pull table은 들기작업에 비해 상대적으로 낮은 부하를 발생시키는 밀기, 당기기와 같은 인력운반작업에 있어서 적절한 하중의 무게를 제시함으로써 작업의 유해정도를 평가해주는 도구이다. 이밖에 보다 전문적이고 한정적인 용도로 개발된 유해요인 평가도구로는 진동에 의해 발생하는 유해성 정도를 평가하기 위한 ACGIH hand/arm vibration TLV[7] 등이 있다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 주요 평가도구들에서 고려하고 있는 유해요인의 종류와 분석대상이 되는 평가부위를 종합적으로 정리하면 아래의 < 그림 1 >과 같다.

평가부위 평가요소	손 손목	팔	목	어깨	몸통	허리	다리	무릎
작업 자세								
취급 하중								
반복성								
접촉 스트레스								
진동 및 환경요인	ACGIH TLV				UAW-GM ANSI Z-365 WISHA			

< 그림 1 > 유해요인 평가도구의 적용범위( [5]에서 발췌, 일부수정)

## 2.2 평가도구의 특성비교

평가도구를 선정하는 과정에서 고려해야할 또 다른 사항은 이들이 측정시스템으로서 지녀야할 특성들을 얼마나 만족시키고 있는가이다. 우수한 측정시스템이 지녀야 할 요건들로서 다양한 특성들이 언급되고 있으며, 경우에 따라 그 특성을 지칭하는 용어에 다소간의 차이는 있으나 여러 문헌에서 중복적으로 언급되고 있는 항목들을 정리하면 다음과 같다[1, 5].

- (1) 유연성: 평가도구가 적용될 수 있는 분석범위의 정도로서 범용으로 개발된 도구들은 이를 이용해 분석할 수 있는 작업의 종류가 다양하므로 유연성이 높다고 평가할 수 있다. 또한, 평가도구에서 분석하는 유해요인의 수가 많고, 분석대상으로 하는 인체관절의 범위가 넓을수록 다양한 작업시스템의 분석과정에 사용될 수 있으므로 유연성이 높은 특성을 지닌다. < 그림 1 >에 정리한 바와 같이 UAW-GM, ANSI Z-365, WAC 296-62-05174와 같은 체크리스트들이 JSI나 NLE와 같은 세부적인 평가도구들에 비해 상대적으로 높은 유연성을 지닌 것으로 평가할 수 있다.

- (2) 민감성: 평가결과에 의해 서로 다른 작업들의 부하정도가 얼마나 상세하고 명확하게 구분되는가를 나타내는 항목으로서 측정도구로서의 변별력을 나타내주는 특성이다. 민감성을 높이기 위해서는 분석항목을 가능한 범위 내에서 충분히 세분화하여 평가할 필요가 있으며, 측정된 결과값이 계량적으로 제시되는 것이 바람직하다. 체크리스트 형태의 범용적 평가도구들에 비해 NLE, 3D SSPP, RULA와 같은 세부적 평가도구들이 상대적으로 높은 민감도를 지닌 것으로 평가할 수 있다.
- (3) 정확성: 평가도구를 이용해 측정된 결과값이 작업자들이 실제로 겪는 작업부담 정도를 얼마나 잘 나타내 줄 수 있는지와 관련된 지표로서 평가결과의 정량화 정도나 민감성과도 밀접한 관계가 있는 항목이다. NLE나 3D SSPP와 같이 구체적 계산식을 사용하여 정량적 결과를 제공하는 도구들이 정성적인 평가기준을 활용하는 UAW-GM이나 OWAS 등에 비해 높은 정확성을 지닌다.
- (4) 사용성: 평가도구의 준비나 사용과정 및 결과의 도출과정이 평가자나 작업자들이 사용하기에 얼마나 편리한가를 나타내는 항목이다. 별도의 측정장비를 사용할 필요가 없는 경우에는 준비시간이 필요 없고 측정장치에 의한 간섭이 발생하지 않기 때문에 사용성이 높다고 할 수 있다. 또한, 측정결과를 분석하는데 필요한 시간의 효율성도 이 항목과 밀접한 관계가 있다. 정확성이 높은 평가도구들이 사용성 측면에서는 좋지 못한 특성을 나타내는 경우가 많다. 특정 평가항목에 대해 세분화 정도가 낮은 체크리스트 형태의 도구들이 자료의 측정과 별도의 계산과정을 요구하는 도구들에 비해 상대적으로 높은 사용성을 지닌 것으로 평가받고 있다.
- (5) 신뢰성: 동일한 평가도구를 사용하여 측정한 결과값이 얼마나 일관성을 유지할 수 있는가를 나타내주는 항목이다. 서로 다른 사용환경이나 평가자가 도구를 이용하더라도 동일한 작업부담도를 지닌 작업에 대해서는 그 결과값이 보다 작은 오차범위를 나타내는 것이 바람직하다. 강건성 등과 같은 용어로 표현되기도 한다. 가급적 평가자의 주관적 판단이 개입하지 않도록 구체적이고 정량적인 판별기준을 제시하는 도구들이 높은 신뢰성을 지니며, 앞서 언급한 정확성과도 밀접한 연관성이 있다. NLE나 3D SSPP와 같은 도구들이 JSI나 ACGIH TLV와 같이 평가자의 일관성이나 경험을 요구하는 도구들에 비해 높은 신뢰성을 지닌 것으로 평가할 수 있다.
- (6) 타당성: 평가도구에서 사용하고 있는 평가항목이나 지표들이 분석하고자 하는 유해요인과 얼마나 밀접한 관계를 지니고 있는지를 나타내주는 항목이다. 또한, 측정된 결과값과 해당 근골격계질환의 발생 위험성 정도가 어느 정도의 연관성을 지니고 있으며 이러한 연관성에 대한 논리적이고 구체적인 근거를 제공하는지 여부에 따라 타당성의 정도가 결정된다. 다양한 연구결과를 바탕으로 생체역학적, 생리학적, 임상학적 근거를 구체적으로 제시하고 있는 NLE와 같은 평가도구들이 OWAS와 같이 결과값의 도출근거를 구체적으로 명시하지 않는 평가도구에 비해 높은 타당성을 지닌다.

이상에서 언급한 여섯 가지 항목들은 주로 평가도구를 사용하는 과정이나 그 결과값이 지녀야 할 바람직한 특성들이다. 그러나, 근골격계질환 유해요인조사의 근본적인 목적은 단순히 유해성이 있는 작업들을 구분해내기 보다는 이를 개선하여 유해성을 제거하고자 하는 것이다. 이러한 근본목적에 부합하는 평가도구로서의 특성을 나타내기 위하여 아래와 같은 항목을 비교척도로 추가할 필요성이 있다.

- (7) 대응성: 평가도구가 작업시스템에 내재된 유해요인의 종류 및 크기를 파악할 뿐 아니라 그 발생원인을 제공하는 작업조건 등을 규명함으로써 이를 근본적으로 해결할 수 있는 대응책의 방향을 얼마나 구체적으로 제시하는지를 나타내주는 항목이다. NLE, RULA, REBA와 같은 평가도구들은 작업시스템의 유해정도를 계산하는 과정을 통해 세부적인 문제점들을 구체적으로 적시해주며, 이들을 어느 수준까지 개선하는 것이 유해성을 해소해줄 수 있는지를 예측할 수 있게 해주기 때문에 대응성이 매우 우수한 것으로 평가할 수 있다.

아래의 < 표 2 >는 앞서 정리한 주요 평가도구들이 지닌 측정시스템으로서의 상대적 특성들을 비교 정리한 것으로, 연구자들이 지닌 측정시스템에 대한 기호에 따라 비교결과에 다소의 견해차는 존재할 수 있을 것이다.

< 표 2 > 유해요인 평가도구의 상대적 특성비교

비교척도 평가도구	유연성	민감성	정확성	사용성	신뢰성	타당성	대응성
UAW-GM	○	△	△	◎	○	○	○
ANSI Z-365	◎	△	○	◎	○	○	○
WAC(WISHA)	◎	△	△	◎	○	○	○
OWAS	◎	△	△	◎	○	△	○
RULA	○	◎	○	○	○	○	◎
REBA	◎	○	○	○	○	△	◎
JSI	△	○	○	○	△	○	△
NLE	△	◎	◎	△	◎	◎	◎
3D SSPP	○	◎	◎	△	◎	○	○
Sook(Push-Pull)	○	△	○	○	○	○	△
ACGIH TLV	△	○	○	○	△	○	○

◎: 우수, ○: 보통, △: 미흡

### 3. 평가킷의 표준화

#### 3.1 평가킷의 적용범위

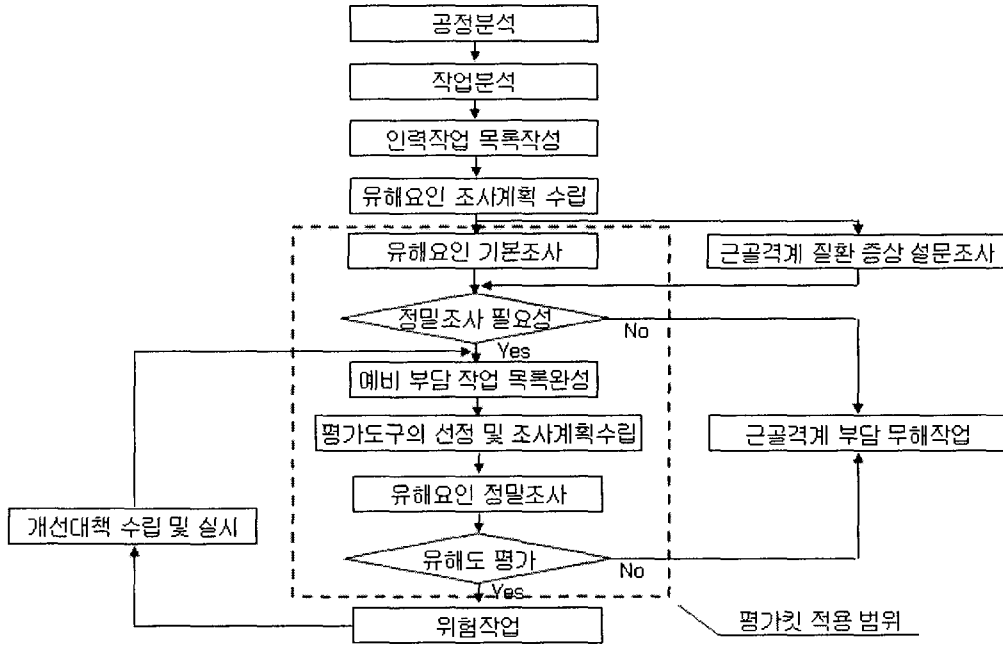
본 연구를 통해 제안하고자 하는 표준화된 평가킷을 구성하기 위해서는 이의 적용범위와 사용요건이 기본적으로 전제되어야 한다. 이를 위해 1장에서 언급한 산업안전보건법 개정안과 관련법규에서 규정하고 있는 유해요인조사의 대상과 내용에 대해 보다 구체적으로 살펴볼 필요가 있다. 이미 언급한 바와 같이 개정된 법률안에서는 사업주들이 작업자들을 근골격계 부담작업에 종사하도록 한 경우에 유해요인조사를 비롯하여 근골격계질환을 예방하기 위해 취해야할 의무조치를 규정하였다. 법안에 의한 의무조치의 대상이 되는 근골격계 부담작업의 범위에 대해서는 노동부장관이 별도의 고시를 통해 11가지 작업유형을 규정하였다. 법안대로라면 유해요인조사의 범위 역시 11가지 근골격계 부담작업을 하는 경우로 축소해도 무방하다. 노동계와 학계 일부에서는 이 고시가 조사범위의 축소기준으로 악용될 소지가 있음을 이유로 즉각적인 폐지를 주장하고 있다[18]. 유해요인조사는 유해요인 기본조사, 근골격계질환 증상조사와 유해도 평가로 구성되며, 추가적인 정밀평가가 필요하다고 판단되는 경우 작업상황에 맞는 정밀평가(작업분석 및 평가)도구를 이용하여 실시하도록 권고하고 있다. 법안에서 제시하는 방식을 따를 경우 유해도 평가결과에 따라 근골격계 부담작업 여부가 결정되는 것이 아니라 근골격계 부담작업에 대해 유해도 평가를 하게 되는 모순이 발생한다. 관련 법안에 따라 유해요인조사가 실시된 지 얼마되지 않았고 산업현장의 준비여건을 고려할 때 이 고시를 당장 폐지하고 모든 인력작업으로 의무적 조사범위를 확장하기는 현실적으로 무리가 따르겠지만, 점진적인 법안의 수정단계를 거쳐 최소한의 기본조사는 그 대상을 전반적인 인력작업으로 확장하는 것이 바람직하다고 판단된다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 사업장에서 이루어지는 전반적인 인력작업현황을 파악한 후 보다 정밀한 분석이 필요한 근골격계 부담작업들을 선별하기 위한 중간단계로서 기본조사를 활용하는 체계를 가정하였다. 이러한 체계에서 인간공학적 작업시스템 분석과정과 평가킷의 적용범위를 도식적으로 나타내면 < 그림 2 >와 같다.

#### 3.2 평가킷의 구성요소 및 선정절차

< 그림 2 >를 통해 살펴본 바와 같이 본 연구에서 구성하고자 하는 평가킷의 적용범위는 유해요인조사 중 근골격계질환 증상설문조사를 제외한 부분이다. 현재 우리나라에서는 한국산업안전공단에서 유해요인조사 방식으로 제안한 KOSHA Code H-30이 가장 일반적으로 사용되고 있는데 증상설문조사의 경우 제안된 양식이 현장에 널리 보급되어 이미 표준으로 받아들여지고 있고 별도의 양식을 제공해야 할 필요성을 느끼지 못한다. 그러나, 그 이외의 부분에 있어서는 KOSHA Code H-30을 보완해야 할 필요가 있다. 평가킷은 기본조사에 사용할 기본조사표 양식, 정밀분석이 필요한 경우 사용할 분석도구와 그 선택기준, 그리고 기본조사와 정밀분석 결과를 종합한 보고서인 작업분석표 양식으로 구성된다.





< 그림 2 > 인간공학적 작업시스템 분석과정과 평가킷의 적용범위

### 3.2.1 기본조사표

KOSHA Code H-30에 따르면 유해요인기본조사의 내용은 작업장 상황 및 작업조건으로 구성된다. 작업장 상황이란 작업공정, 작업설비, 작업량, 작업속도 및 최근 업무의 변화 등과 관련된 정보이며, 작업조건 조사내용이란 반복성, 부자연스런 또는 취하기 어려운 자세, 과도한 힘, 접촉스트레스, 진동 등 작업에 내재된 유해요인의 포함여부와 관련된 정보를 뜻한다. 이와 같이 기본조사에서는 작업과 관련된 전반적인 상황의 파악이 중요하고 가급적 모든 유해요인의 포함여부를 확인할 수 있도록 조사양식이 구성되는 것이 바람직하다. 기본조사에 사용될 도구의 구성과정에서 고려해야 할 사항은 전반적인 인력작업 목록으로부터 보다 정밀한 분석을 필요로 하는 예비적 위험작업을 선별하는 기본조사의 목적에 부합하기 위해서는 분석결과의 민감도보다 적용범위에 따른 유연성이나 조사과정에서의 사용성이 강조될 필요성이 있다는 점이다. 그러나, KOSHA Code H-30에서 제시한 기본조사표 양식 중 작업조건과 관련된 조사항목은 이러한 측면을 지나치게 강조한 나머지 평가항목이 너무 단순하고 정성적이며, 평가자의 주관적 판단이 개입할 수 있는 여지가 많다는 단점을 안고 있다. 이로 인해 전문성이 다소 부족한 산업현장의 안전보건 관리자들이 이를 사용할 경우 유해성 여부를 판정하기 어렵고, 평가결과에 대한 일관성을 기대할 수 없게 된다. 또한, 정밀조사과정을 생략할 경우 유해요인조사가 요식적인 절차에 그치게 될 위험성이 높아지고, 개선대책을 강구하기 위한 용도보다는 유해성 판정 여부에만 관심이 쏠릴 수 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 기존에 사용되어 온 평가도구들 중 유연성과 사용성을 유지하면서도 정량적인 평가결과를 제공해주는 체크리스트 형태를 활용하고자 하였다. 이는 정량적인 평가도구를 이용함으로써 정밀조사 필요성 여부를 결정하기 위한 보다 명확한 판정기준을 제시해줄 수 있으며, 평가결과의 일관성 유지와 함께 유해성 여부에 대한 이분법적 시각을 해소하고 유해성 정도에 따라 단계별 개선목표와 점진적 개선방안으로 관심의 초점을 이동시키는 긍정적 효과를 기대하였기 때문이다. 이런 특성에 가장 근접한 체크리스트 형태로 ANSI Z-365를 바탕으로 한 KOSHA H-28[6]의 인간공학작업 위험요인 평가표를 채택하였다. 이 평가표의 장점은 근골격계질환과 관련된 대부분의 유해요인들에 대해 그 포함여부를 확인할 수 있으며, 평가항목들이 정밀분석 도구로 분류될 정도로 비교적 세부적이라는 점이다. 또한, 정량적인 점수체계로 유해정도를 평가하기 때문에 앞서 기대한 정확성과 신뢰성 향상효과를 얻을 수 있다. 다만, 위험작업 판정에 있어서 유해인자별 판별기준은 제시하지 않고 신체부위(상지, 허리와 하지)와 인력운반 평가결과에 따른 총점을 기준으로 삼기 때문에 특정 유해인자에 대한 정밀분석 필요성 여부를 결정하고자 할 경우에는 별도의 기준을 설정해야 할 필요성이 발생한다.

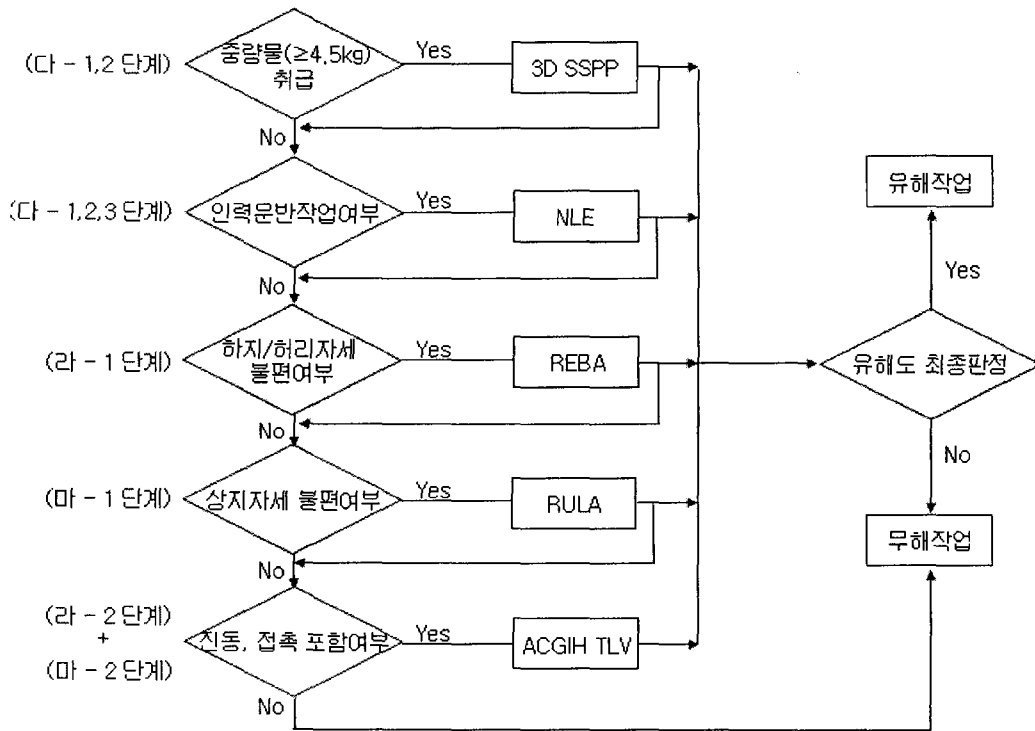
KOSHA Code H-30의 작업장 상황 점검표, H-28의 인간공학작업 위험요인 평가표, 그리고 11 가지 부담작업 체크리스트로 구성된 기본조사표 양식은 < 표 3 >과 같다. 인간공학작업 위험요인 평가의 경우 정밀조사의 필요성 여부와 평가도구 선택기준의 유도를 위해 평가항목들을 부분적으로 재편함에 따라 전체적인 형태에 변화가 발생하였으나 기본적인 점수체계가 동일하기 때문에 분석결과는 ANSI Z-365를 적용한 결과와 일치한다.

### 3.2.2 정밀조사 및 평가도구 선택기준

기초 유해요인조사를 통해 잠재적 위험성을 지닌 예비위험작업들을 선별해 낸 후 이들 작업내용에 포함된 개별 유해요인에 대한 보다 정밀한 분석을 수행하기 위해서는 별도의 정밀분석 도구들이 필요하다. 2 장에서 정리한 바와 같이 현재 사용되고 있는 유해요인 정밀평가도구들은 나름대로의 특성과 장단점을 지니고 있으며, 각 기법들에 의해 평가 가능한 유해요인들이 조금씩 다르기 때문에 분석하고자 하는 작업시스템의 특성에 적합한 기법을 올바르게 선택하여 사용하여야 유해요인의 영향을 제대로 평가할 수 있다. 따라서, 기본조사 결과에 따라 보다 세부적이고 민감한 분석을 위해 도입되는 정밀분석도구의 종류를 별도로 지정함으로써 보다 완성도 높은 상호보완적 분석이 가능하도록 할 필요성이 있다. 사용성이나 유연성이 중요한 기본조사표와는 달리 정밀분석도구들은 민감성, 정확성, 신뢰성이 보다 중요한 선정기준이 되며, 정밀분석 결과를 통해 문제점의 해결방향을 모색하기 위해서는 높은 수준의 대응성을 갖추는 것이 바람직하다. 또한, 산업현장에서의 활용도를 높이기 위해서는 현재까지 현장보급률이 비교적 높은 도구들을 포함시키는 것이 바람직하다.

이상과 같은 사유로 본 연구에서는 평가척도에 포함시킬 정밀분석도구들로서 3D SSPP, NLE, RULA, REBA와 ACGIH TLV 기법을 선택하였다. 이는 이미 언급한 바와 같이 다양한 유해요인들 중 작업부하에 가장 큰 영향을 미치는 요인들은 하중, 자세, 반복성의

세 가지인데, 선정된 정밀분석도구들은 ACGIH TLV를 제외하고는 이들 요소들의 영향을 고려하고 있으며 각 영향인자에 대한 중요도나 분석대상인 관절의 범위에 있어 서로 보완적인 관계에 있기 때문이다. 3D SSPP와 NLE는 주로 작업물의 하중에 의한 생체역학적 작업부하 산정결과에 높은 비중을 두고 있는 반면 RULA와 REBA는 작업자세에 따른 불편도의 평가결과에 높은 비중을 두고 있다. 3D SSPP와 NLE는 그 분석대상 관절에 있어 상호보완적 관계에 있다. 3D SSPP는 인체의 주요관절 전체를 분석대상으로 하되 정적인 자세 또는 일회성 작업부하를 평가하는 반면 NLE는 허리관절만을 대상으로 하되 작업의 빈도나 지속시간과 같은 요인들을 함께 고려하기 때문에 보다 정교한 평가 기법이라 할 수 있다. 선정된 자세평가도구들 간에도 RULA가 상지부위를 중심으로 한 보다 정교한 평가항목을 제공하고 REBA가 하지까지를 포함하는 전신자세를 분석대상으로 다소 간략화된 평가항목을 제공한다는 점에서 상호보완적 관계가 존재한다.



< 그림 3 > 정밀조사여부 결정 및 평가도구의 선정과정

선정된 정밀분석도구들을 필요 이상으로 중복사용하는 방식을 지양하고, 선택적이고 효율적으로 활용하기 위해서는 주어진 작업시스템의 분석에 적절한 정밀조사도구의 종류를 결정하기 위한 기준이 필요하다. 또한, 특정 분석도구를 통한 정밀분석의 필요성 여부를 결정하기 위해서 기본조사표의 분석결과와 연동되는 명확한 판정기준이 함께 제시되어야 한다. < 그림 3 >은 본 연구에서 제안하는 표준화된 평가킷에서의 정밀도구 선정 절차와 정밀분석 필요여부를 결정하는 과정을 도식화 한 것이다. 기본조사표의 <인력

운반 평가표>의 1, 2 단계에서 물체를 드는 수평거리와 무게에 따른 점수를 체크하게 되는데 이 점수를 기준으로 중량물 취급 분석도구 중 하나인 3D SSPP를 이용한 정밀분석의 필요성 여부를 판정하게 된다. 또한, <인력운반 평가표>의 모든 항목에 대한 결과값으로 NLE에 의한 추가적 분석의 필요성에 대해 판정한다. 자세분석 평가 도구중 하나인 REBA의 필요성에 대한 판정은 <하지/허리 위험요인 평가표>의 1단계 작업자세에 의한 결과값을 기준으로 사용한다. 상지자세 분석 도구인 RULA에 대해서는 <상지 위험요인 평가표>의 1단계 결과값을 사용하여 그 필요성에 대한 판정을 내리게 된다. 마지막으로 진동과 접촉, 기타 환경요인에 대해서는 ACGIH TLV를 사용하여 평가하게 되는데, 이는 <하지/허리 위험요인 평가표>와 <상지 위험요인 평가표>의 2 단계 점수를 합한 결과값을 그 기준으로 사용한다. 이상과 같은 결정과정을 통해 추가적인 정밀분석의 필요성과 적용할 평가도구들이 결정되면 그 결과를 기본조사표의 <정밀조사 필요성 및 평가 도구> 항목에 나타낸다.

### 3.2.3 작업분석 보고서(최종분석 결과표)

본 연구를 통해 구성된 표준화된 평가킷에서는 정밀분석이 필요한 것으로 판단되어 추가적인 분석을 실시한 예비위험작업들에 대해서는 기본 및 정밀조사 결과를 종합한 최종분석 결과표에 해당하는 별도의 작업분석보고서를 작성하도록 하였다. KOSHA Code H-30에서는 이와 관련된 별도의 분석결과표 양식을 제시하지 않고 있으나, 유해요인조사결과 유해성이 있다고 판단되는 작업들에 대해서는 개선계획과 결과보고서를 작성하여 보존하도록 규정하고 있다. 따라서, 작업분석 보고서에는 유해요인조사의 결과에 따른 최종적인 유해성 판정결과와 그에 따른 개선방향, 가능하다면 구체적 개선대책까지가 포함되어야 한다. 최종적으로 완성된 작업분석 보고서 양식은 < 표 4 >와 같으며, 정밀분석결과를 이용한 최종적 유해성 판정은 < 표 5 >에 정리한 기준을 준용하였다.


< 표 5 > 최종유해성 판정기준 및 등급

유해성 등급	개선의 시급성	NLE (LI)	3D SSPP (% Capa.)	RULA (Score)	REBA (Score)	ACGIH (m/s <sup>2</sup> )
약	가급적	$1 < LI \leq 3$	$30 \leq \% < 50$	5	5~7	4~5
중	빨리	$3 < LI \leq 5$	$15 \leq \% < 30$	6	8~10	6~7
강	즉시	$LI > 5$	$\% < 15$	7	11~15	> 8

< 표 3 > 유해요인 기본조사표 양식 및 작성 예

<b>유해요인 기본조사표</b>		
조사구분(A-1)	● 정기조사	수시조사 ○ 근골격계질환자 발생시 ○ 새로운 작업·설비도입 시 ○ 업무의 양과 작업공정 등 작업환경 변경 시
부서명(A-2)	초지(6·7TM)	작업번호(A-3) : 001
작업명(A-4)	Steel Core Setting	증상자 발생유무(A-5) : 유
작업주기(A-6)	매일	작업시간(A-7) : 1시간(25회/일)
작업내용(A-8)	Steel Core(34kg)를 대차로부터 이송하여 설비에 Setting 하는 작업	

가. 유해요인 및 원인 	나. 작업유형 11가지(C) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4시간 이상 집중적으로 키보드 또는 마우스 조작</li> <li>○ 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복</li> <li>○ 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업</li> <li>○ 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업</li> <li>○ 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업</li> <li>○ 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업</li> <li>○ 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업</li> <li>● 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업</li> <li>○ 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업</li> <li>○ 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업</li> <li>○ 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업</li> </ul>
--	--

유해요인	유해요인에 대한 원인 및 문제점
중량물	작업물의 무게(25kg)로 인한 작업자 몸 전체에 부하 가중.
인력운반	업대에 올려놓음으로써 상지에 부하 가중.
(B-4)	(B-8)
(B-5)	(B-9)

< 표 3 > 유해요인 기본조사표 양식 및 작성 예 (계속)

다. 인력운반 평가표

단계	구분	구분			점수
		수평거리	10cm미만	10~25cm	
1단계: 몸에서 손까지 수평거리 - 평균 수평거리(10분미만 빈도) - 최대 수평거리(10분이상 빈도)	영역		○	○	●
			○	○	●
2단계: 무게고려(kg) - 평균무게적용(10분미만 빈도) - 최대무게적용(10분이상 빈도)	위험영역(6점)	23kg이상	15kg이상	12kg이상	6
	주의영역(3점)	7~23kg미만	5~15kg미만	4.5~12kg미만	
	안전영역(0점)	7kg미만	5kg미만	4.5kg미만	
2단계(무게) 점수					6
3단계: 기타위험요인 - 빈도가 10분이상일 경우 1시간 미만 들기 작업에 해당 - 위험요인이 대부분 들기 작업에 나타날 경우, 1시간 이상 들기 작업에 해당	위험요인		총 노출시간		1
	들기 작업 중 팔뚝을 비뚤		1시간미만	1시간이상	
	한손으로 들기		1	2	
	불안정한 물건 들기(사란, 액체, 불균형물체 등)		1	2	
	분당 1~5회 들기		1	1	
	분당 5회 이상 들기		2	3	
	어깨 이상 들기		1	2	
	무릎 아래에서 들기		1	2	
	앉거나 무릎 꿇은 상태에서 들기		1	2	
	3~9m 이동 운반		1	2	
9m 이상 이동 운반		2	3		
3단계(인력운반기타) 점수					5
총 점(인력운반 점수): 2, 3단계 점수의 합(조사표 라에 가산됨)					11

라. 하지/허리 위험요인 평가표

단계	위험요인	총 노출시간			가산 점	점 수
		0~2	2~4	4~8		
1단계: 작업 자세 (반복/정격)	몸통을 앞으로 숙이거나 앞으로 기울임(20°~45°)	0.5	1	2		0.5
	45°이상 앞으로 숙임	1	2	3		
	몸통을 뒤로 갠힘	0.5	1	2		
	몸통을 비뚤	1	2	3		1
	허리지지 없이 쟁지킨 앉음	0.5	1	2		
	작업 중 발치기 플랫폼	0	0	1		
	무릎 꿇음/푹크림	1	2	3		
발목의 반복사용 (레달 스위치)	0.5	1	2			
1단계(하지/허리 자세) 점수					1.5	
2단계	신체 압박	0.5	1	2		
	진동	0.5	1	2		
	밀기 / 끌기	0.5	1	2		0.5
	작업 속도	하나 해당: 1점, 둘 이상 해당: 2점				
	2단계(하지/허리 기타) 점수					0.5
인력운반 점수(조사표 다)					11	
총 점(하지/허리 점수): 1, 2단계, 인력운반점수의 합					13	

마. 상지 위험요인 평가표


단계	위험요인	총 노출시간			가산 점	점 수
		0~2	2~4	4~8		
1단계: 손 힘	반복 (상체 관점)	0.5	1	3		
	손 쥐는 힘(4.5kg이상)	0.5	1	3		0.5
	손가락: 깊은 힘(0.9kg이상)	1	2	3		1
	목: 앞(20°이상), 뒤(5°이상)	0.5	1	3		0.5
	지지대 없이 팔꿈치/팔이 가슴높이 에 위치	1	2	3		1
	아래팔: 비틀기(여: 드라이버 이용)	0.5	1	2		
	손목: 숙이기(≥20°) / 굽히기(≥30°)	1	2	3		1
1단계(상지 자세) 점수					4	
2단계	신체 압박	0.5	1	2		
	진동	0.5	1	2		
	관경	0	0	1		
	작업 속도	하나 해당: 1점, 둘 이상 해당: 2점				
	2단계(상지 기타) 점수					0
총 점(상지 점수): 1, 2단계 점수의 합					4	

바. 정밀조사 필요성 및 평가도구

무게 점수 6 3D SSPP ●	인력운반 점수 11 NLE ●	하지/허리 자세 점수 1.5 REBA ○	상지 자세 점수 4 RULA ●	상지 기타 점수 + 하지/허리 기타 점수 0.5 ACGIH TLV ○
----------------------------	---------------------------	---------------------------------	----------------------------	---

< 표 4 > 작업분석 보고서 양식 및 작성 예

### 작업분석 보고서

조사목적	● 정기조사	○ 수시조사	작업번호	001					
부서명	초지(6.7TM)		작업명	Steel Core Setting					
작업주기	매일	작업시간	1시간(25회/일)	증상자 발생유무					
유									
현실태 및 문제점	작업물의 무게(25kg)로 인한 작업자에게 부하 가중								
	○10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업으로 근골격계 유해작업 8에 해당하는 작업								
	○취급물의 무게(25kg)가 무거움								
	○작업자가 Steel Core를 대차로부터 작업대에 Setting하기 위해 작업물을 들어올림으로써 작업자에게 부하 가중								
<b>작업분석 평가기법 및 결과</b>									
분석도구	3D SSPP	NLE	REBA	RULA	ACGIH TLV	KOSHA Code H-2B			
분석결과	Elbow	11	RWL	시점: 13.1	최종	최종	m/s <sup>2</sup>	인력운반 점수	11
	Shoulder	99		중점: 6.2	점수	점수		7	허리/하지 점수
	Torso	96	LI	시점: 1.9	노출	노출		4	상지점수
	Hip	97		중점: 4.1	수준	수준			
	Knee	21							
Ankle	40								
유해성 등급	약	중	강	약	중	강	약	중	강
	○	○	●	○	○	○	○	○	○
최종 유해도 판정: 유해(유해수준은 '강')									
<b>개선대책/방향</b>									
○순간적인 부하는 크지 않은 것으로 분석되지만, 작업빈도(25회/일)가 높아 작업자에게 부하가 가중됨									
○운반 대차와 Steel Core가 Setting되는 곳과의 높이를 같게 해줌으로써 작업자가 Steel Core를 들지 않고 밀어서 Setting 할 수 있도록 높낮이 조절 가능한 대차도입									
○Steel Core의 재질의 변형이 가능하다면 재질 변형을 통한 무게의 감소로 작업자의 부하경감을 고려									
○적재된 Steel Core 이동시, 많은 Steel Core를 운반함으로써 발생하는 근골격계부담을 줄이기 위하여 전동대차를 구비									

## 4. 평가킷을 이용한 분석사례

### 4.1 분석대상 작업시스템

유해요인 평가도구로서의 타당성과 효율성을 확인하기 위하여 표준화된 평가킷을 실제 산업현장에 대한 유해성 판정 및 개선과정에 적용해 보았다. 분석대상 작업장은 제지 공장이었으며 공정분석과 작업분석 과정을 통해 인력에 의해 수행되는 300 여 개 단위작업을 파악하였다. 설비산업의 특성상 그 작업유형은 설비 Setting, Moving/Loading/Unloading, 검사 및 청소/정리로 구분하였다. Setting작업은 제품별 생산조건(시간, 온도, 투입량 등)의 입력 및 컨트롤이고, Moving/Loading/Unloading작업은 Setting된 설비에 원재료 혹은 가공품을 투입 및 반출하는 작업이다. 검사는 품질 및 외관검사를 하는 작업이며, 청소/정리는 작업 중 또는 작업 완료 후 다음 작업을 위한 작업준비과정이다. 인력작업에 있어 Setting(46%)작업이 전체공정의 절반 수준을 차지하고 다음으로 청소/정리(25%), Moving/Loading/Unloading(21%) 및 검사작업(8%)의 순인 것으로 나타났다.

### 4.2 유해요인 기본조사 및 결과

인력작업으로 파악된 300 여 개의 단위작업들 중 생산부서별로 중복되는 작업을 제외하고 100 여 개의 단위작업이 조사대상으로 선정되었다. 이들 작업에 대한 조사계획을 수립하고 실제 작업과정에 대한 비디오 촬영과 본 연구를 통해 제안된 기본조사표 양식을 이용한 기본조사를 실시하였다.

100 여 개의 단위작업을 부담작업 선별과정을 통하여 총 44 개의 작업을 근골격계질환과 관련된 유해인자들을 포함하는 예비위험작업으로 선별하였다. 이들을 작업유형별로 살펴보면 Setting작업에서 18 개, Moving/Lodging/Unloading작업에서 21 개, 청소/정리작업에서 5 개로서 주로 인력운반작업과 설비에 대한 Setting작업이 유해요인을 포함하는 주된 작업유형임을 확인하였다.

### 4.3 정밀조사 및 개선안 도출

기본조사결과 선별된 예비위험작업들에 대하여 정밀분석도구 결정기준에 따라 선정된 평가방법론을 적용하여 정밀분석을 실시하였다. 정밀분석결과 예비위험작업 44 개 중 16 개 작업이 유해작업으로 판정되었으며, 그 원인은 중량물 취급에 따른 하중관련 유해요인 9 건, 전신자세와 관련된 유해요인 5 건, 상지자세와 관련된 유해요인 2 건 이었다. < 표 5 >에서 정리한 유해성 등급기준에 따라 유해정도를 분류한 결과 약한 유해성으로 판정된 작업이 4 건, 중간정도의 유해성을 포함한 작업이 7 건, 높은 유해성을 포함한 작업이 5 건인 것으로 조사되었다. 평가킷의 적용과정을 통해 채택된 정밀분석도구들이 유해요인의 종류에 따라 상호보완적인 분석결과를 도출하며, 제시된 유해성 등급기준이 작업의 유해정도를 분류하고 그 수준에 적합한 대응책을 마련하는데 효과적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.



## 5. 결 론

노동부의 통계조사 결과에 따르면 최근 우리나라의 근골격계질환 발병률이 매년 100% 이상씩 증가하는 양상을 보이고 있으며, 노동조합을 중심으로 근골격계질환에 대한 인식이 더욱 확산되고 있어 앞으로도 발병자가 폭발적으로 증가할 가능성이 매우 높다. 근골격계질환은 한번 발병하면 요양기간이 다른 산업재해에 비하여 훨씬 길며, 이에 따른 인적·경제적 손실 또한 매우 큰 특성을 지니고 있다. 이러한 점들을 고려할 때 작업장 혹은 작업의 개선을 통한 노동강도의 경감과 근골격계질환 예방노력은 산업안전보건 분야에서 필수적인 활동이라 할 수 있다. 이러한 맥락에서 산업안전보건법 개정을 통해 근골격계질환 예방노력이 의무화되었으며, 작업장에 대한 유해요인조사와 같은 가시적 조치가 이루어져 가고 있다. 그러나, 법률에 명시된 초년도 조사기한이 이미 경과된 현재 시점에서 근골격계질환 예방을 위한 제반활동들이 당초 기대했던 수준에 크게 미치지 못하고 있어 제도개선과 함께 보다 근본적인 대책이 모색되어야 할 필요성이 대두되었다. 산업현장에서는 근골격계질환과 관련된 전문인력의 부족으로 작업장 안전진단, 인간공학적 개선 등의 예방대책을 제대로 수립·수행하지 못할 뿐 아니라, 법적 규정사항인 근골격계질환 유해요인조사에도 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 또한, 법 시행과정에서 근골격계질환 예방을 위한 유해요인 조사대상 범위와 유해성 판정기준을 두고 노사 간의 마찰원인을 제공하는 등 이해부족과 개선활동에 대한 의지결여로 법률제정의 기본취지와 달리 활동의 초점이 근골격계질환 예방을 위한 작업시스템의 개선보다는 단순히 산업재해 판정과 그에 따른 금전적 보상에 맞추어지는 폐해가 나타나고 있다.

본 연구에서는 이상에서 언급한 문제점들에 대한 해결책으로 현장에서 사용하기에 용이하며 일관성 있는 평가결과를 제공해줄 수 있는 표준화된 인간공학작업시스템 평가킷을 구성해 보았다. 평가킷을 구성함에 있어 기본조사 도구로는 유연성과 사용성이 높은 체크리스트 형태를 활용하되 정량적인 결과값을 제시함으로써 유해성 여부에 대한 이원적 관리방식을 탈피하고 총점을 기준으로 한 단계별 작업시스템 관리가 가능하도록 하였다. 또한, 기본조사 결과에 따라 보다 세부적이고 민감한 분석을 위해 도입되는 정밀 분석도구의 종류를 별도로 지정함으로써 상호보완적인 분석이 가능하도록 하였다. 완성된 평가킷을 이용하여 실제 작업시스템의 유해요인조사를 실시한 결과 유해요인을 내재한 작업들을 확인하고 그 원인과 해결책을 모색하는 과정에서 효율적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

본 연구를 통하여 구성된 작업장의 근골격계질환 발병위험성을 평가하기 위한 표준화된 인간공학작업시스템 평가킷이 현장에서 활용된다면 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

- (1) 작업시스템의 위험성평가와 관련된 기존의 인간공학작업시스템 평가기법들에 대한 현황을 종합적으로 이해할 수 있으며, 인간공학작업시스템 전문가들을 현장에 접목시킴으로써 그 학문적 필요성에 대한 인식과 활용도를 제고할 수 있다.

- (2) 작업시스템에 포함된 근골격계질환 유발인자들을 파악하여, 이를 제어함으로써 근골격계질환을 예방하고, 보다 효율적이고 안전한 작업시스템을 제공함으로써 원만한 노사관계 확립, 재해감소로 인한 생산성의 향상, 기업 이미지 향상, 재해로 인한 휴업 급여나 치료비의 절감 등의 경제적 효과를 거둘 수 있다.
- (3) 표준화된 평가척의 활용을 통해 개선활동의 효과파악이나 업종특성별 위험성 평가와 같은 상대평가 성격의 근골격계질환 예방활동 업무의 효율성 제고에 기여할 수 있으며, 근골격계 질환의 예방을 다룰 현장의 전문인력 양성에도 일조할 수 있을 것이다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 권오채, 유희천, “수작업의 반복성 평가방법 조사.” *대한인간공학회지* 22(3)(2003) : 75-91.
- [2] 기도형, “외부부하, 상지자세와 지속시간에 따른 지각불편도.” *대한산업공학회지* 30(2004): 76-83.
- [3] 김정룡, *작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 인간공학* : 민영사, 2004.
- [4] 노동부, *근골격계질환 예방의무 해설[제2판]* : 2004.
- [5] 대한산업안전협회, *근골격계질환예방 전문가 양성과정 교육교재*: 2003.
- [6] 한국산업안전공단, *인간공학적 위험요인 평가표*, KOSHA H-28-2002.
- [7] Physical Agent Data Sheet (PADS), [http://www.labor.state.ak.us/lss/pads/hand-arm.htm#Recommended Exposure Limits](http://www.labor.state.ak.us/lss/pads/hand-arm.htm#Recommended%20Exposure%20Limits)
- [8] Buchholz, B., Paquet, V., Punnet, 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(1996) : 177-187.
- [9] Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M.J., Hendrick, H.W., Carayon, P. and Perusse, M., *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs)* : Taylor & Francis, London, 1995.
- [10] Hignett, S., and McAtamney, L., “Rapid Entire Body Assessment (REBA)”, *Applied Ergonomics* 31(2000): 201-205.
- [11] <http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP/download.html>
- [12] <http://www.safetyweb.co.kr>
- [13] <http://www.uaw.org>
- [14] Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I. “Correcting working postures in industry : A practical method for analysis”, *Applied Ergonomics* 8(1977): 199-201.

- [15] Kemmlert, K. "A method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL", *Applied Ergonomics* 26(1995): 199-211.
- [16] Kilbom, A., Persson, J. and Jonsson, B. "Risk factors for work-related disorders of the neck and shoulder - with special emphasis on working postures and movements", In E.N. Corlett, J. Wilson and I Manencia (Ed), *The Ergonomics of Working Postures*, Taylor and Francis, London, (1986): 44-53.
- [17] Kim, C-H. and Fernandez, J.E. "Psychophysical frequency for a drilling task", *International Journal of Industrial Ergonomics* 12(1993): 209-218.
- [18] Labor Today, 근골격계부담작업 11개 고시 공방, 2004. 8. 2
- [19] Labor Today, 근골격계질환 제도개선 방안 토론회, 2004. 11. 15
- [20] Labor Today, 한국노총 근골격계질환 예방 조치 나서, 2004. 6. 29.
- [21] LI, G. and BUCKLE, P. "Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods", *Ergonomics* 42(1999): 674-695.
- [22] Lin, M.L. and Radwin, R.G. "A single metric for quantifying biomechanical stress in repetitive motions and exertions", *Ergonomics* 40(1997): 543-558.
- [23] Lin, M.L. and Radwin, R.G. "Agreement between a frequency-weighted filter for continuous biomechanical measurements of repetitive wrist flexion against a load and published psychophysical data", *Ergonomics* 41(1998): 459-475.
- [24] McAtamney, L. and Corlett, E.N. "RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics* 24(1993): 91-99.
- [25] 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 Journal* 56(1995): 443-458.
- [26] Snook, S.H. and Ciriello, V.M. "The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces", *Ergonomics* 34(1991): 1197-1213.
- [27] Waters, T.R., Anderson, V.P., Garg, A. and Fine, L.J. "Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks", *Ergonomics* 36(1993): 749-776
- [28] Winkel, J. and Mathiassen, S.E. "Assessment of physical work load in epidemiological studies: concepts, issues and operational considerations", *Ergonomics* 37(1994): 979-988.

## 저 자 소 개

김 상 호 : 성균관대학교 산업공학과를 졸업하고, 포항공과대학교 대학원에서 석, 박사학위를 취득하였다. 현재 금오공과대학교 산업시스템공학전공 부교수로 재직 중이며, 관심분야는 인간공학적 작업시스템 설계 및 평가, 산업안전공학, 디스플레이에 대한 사용자 중심의 품질평가 등이다.

이 홍 태 : 중앙대학교 전기공학과를 졸업하였고, 금오공과대학교 산업대학원 석사 과정에 재학 중이다. 현재 (주)유한킴벌리 김천공장의 안전관리실장으로 재직 중이며, 관심분야는 산업안전관리, 인간공학 등이다.