

근골격계질환 예방과 인간공학의 역할*

정 병 용

한성대학교 산업경영공학과

Ergonomics' Role for Preventing Musculoskeletal Disorders

Byung Yong Jeong

Department of Industrial & Management Engineering, Hansung University, Seoul, 136-792

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify the trends and features of existing articles on work-related musculoskeletal disorders (WMSD), and to suggest the direction for future work. Articles on WMSD were reviewed and analyzed by research objects and characteristics. This paper describes a number of issues related to strategies and practices which were done in order to prevent work-related musculoskeletal disorders; 1) trends and characteristics of work-related musculoskeletal disorders, 2) legal enforcement related to systems preventing WMSD, 3) workplace assessment methods and guidelines for manual material handling, 4) ergonomic intervention, ergonomics program and its effectiveness. A list of recommendations presented in this study can be used to provide a baseline for the prevention of work-related musculoskeletal disorders.

Keywords: Literature review, Musculoskeletal disorders, Ergonomic intervention, Ergonomics program

1. 서 론

작업과 관련한 근골격계질환은 반복적이고 누적되는 특정한 일 또는 동작과 연관되어 신체의 일부를 무리하게 사용하면서 나타나는 질환으로 신경, 근육, 인대, 관절 등에 문제가 생겨, 통증과 이상 감각, 마비 등의 증상이 나타나는 질환들을 총칭하여 말한다. 근골격계질환은 외부의 스트레스에 의하여, 오랜 시간을 두고 반복적인 작업이 누적되어 질병이 발생되기 때문에 누적 외상병이라 불리기도 한다.

근골격계질환의 발생은 근로자의 신체적 활동에 영향을 미쳐 삶의 질을 떨어지게 할 뿐만 아니라 결근에 의한 노동력 손실, 작업의 질의 저하, 산재보상비용의 증가 등으로 이어져 사회·경제적인 측면에서 많은 문제를 야기 시키게 된다.

작업관련성 근골격계질환은 1960년에 ILO에 의해 직업성질환으로 인정되었고, 1980년부터는 미국과 유럽 등에서 주요 산업재해 문제중의 하나로 대두되었으며, 이후 급속도로 발생이 증가하여 미국의 경우에는 1990년경부터 전체 직업성질환에서 차지하는 비율이 60%를 차지할 정도로 중요한 문제로 인식되고 있다. 우리나라에서도 1996년도에 근골격계질환자가 직업병으로 인정된 이래 전체 재해자에서 근골격계질환자가 차지하는 비율은 증가하는 추세에 있다.

정부에서는 1997년에 영상표시 단말기(VDT) 취급 근로자를 위한 작업관리지침(노동부 고시 제1997-8호)을 발표하여, 근골격계질환의 예방에 관심을 갖기 시작하였으며, 1998년에는 단순반복작업 근로자 작업관리지침(노동부 고시 제1998-15호 제정 이후 노동부 고시 제2000-72호로 개정)을 제정하여 적용 범위를 제조업으로 확대하였다. 또한, 사업장에서 근골격계질환이 대량으로 발생하기 시작하

*본 연구는 2010년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임.

교신저자: 정병용

주 소: 136-792 서울시 성북구 삼선동 3가 389, 전화: 02-760-4122, E-mail: byjeong@hansung.ac.kr

고, 사회 문제화 됨에 따라 2003년 7월부터는 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치) 제1항 제5호에 '단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해를 신설하여 사업주에게 근골격계질환 예방을 위한 조치의무를 부과하였다.

본 연구는 유해요인조사 제도 3주기를 맞아 대한인간공학회지의 특집호로 기획된 "근골격계질환 예방"이란 주제에 맞추어 근골격계질환 예방을 위한 인간공학의 역할에 다루고자 한다.

본 연구에서는 근골격계질환의 예방과 관련하여 발표된 국내 논문을 인간공학, 산업의학, 산업위생학, 물리치료학, 작업치료학 등의 학제적 관점에서 재조명하고 발전방향을 도출하기 위하여 주요 주제와 관심사를 다음과 같이 분류하여 서술하고자 한다. 1) 근골격계질환의 발생 현황 및 원인, 2) 근골격계질환 관련 국내외 제도, 3) 근골격계질환 관련 작업평가방법론 및 작업기준 도출, 4) 작업개선 및 인간공학 프로그램 운영효과.

2. 근골격계질환 발생 현황 및 원인

2.1 근골격계질환의 발생 현황 분석

미국 노동부의 노동통계국의 발표에 의하면 2007년도 발생한 산업재해자수는 1,158,870명이며, 근골격계질환자수는 335,390명으로 전체 산업재해자의 28.9%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(BLS, 2009).

우리나라의 2009년도 노동부 산업재해통계에 의하면 전체 97,821명 산업재해자 중에서 근골격계질환자가 6,234명으로 전체 재해자의 6.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 업무상 질환자 중에서 근골격계질환자가 차지하는 비율도 매년 증가하여 2009년도에는 업무상 질환자의 71.5%를 차지하고 있다.

근골격계질환자수에 관한 기본 통계는 한국산업안전공단 홈페이지 (<http://www.kosha.or.kr/>)의 산업재해 통계자료나, 미국 노동부 홈페이지 (<http://www.bls.gov/>) 등에서 분기별 또는 연도별로 제공되고 있으며, 통계청 홈페이지 (<http://kosis.nso.go.kr>)를 통해 산업별 취업자수 등을 포함한 통계자료를 얻을 수 있다.

근골격계질환의 발생 특성을 파악하고자 하는 연구는 주로 근로복지공단으로부터 요양승인된 근골격계질환자에 관한 원자료를 분석하거나, 요양승인된 근골격계질환자를 대상으로 원인을 심층 분석한 한국산업안전공단의 산업재해분석자료를 기초로 분석한다.

근골격계질환자의 발생 특성 및 추이를 분석한 연구는 요양승인된 자료에 접근하기가 용이한 한국산업안전공단과 의학자를 중심으로 질병적인 특성을 위주로 주로 진행되었으나(안연순 등, 2002; 김병권과 김준연, 2003; 안현순과 임현술, 2005; 김상우 등, 2007; 정백근 등, 2008), 최근에는 한국산업안전공단 등에서 인간공학 전공자들이 연구에 가담하면서 작업관련성 요인 측면에서 강조된 접근이 이루어지고 있다(권부현 등, 2008; 김현호 등, 2009; 박기혁과 정병용, 2009).

근골격계질환자 발생 특성에 관한 전체적인 경향을 파악하고자 하는 시도는 안연순 등(2002)의 요양승인된 작업관련성 근골격계질환의 특성 분석, 기도형(2003), 김병권과 김준연(2003)의 한국의 근골격계질환의 현황, 윤훈용과 송미진(2006)의 한국과 미국의 발생 현황 분석, 정백근 등의 국민건강보험공단 자료의 근골격계질환 환자 입원기간 분석, 권부현 등(2008)의 1998년부터 2007년까지 발생한 근골격계질환자의 사업장 규모별, 업종별, 근무시간별, 요양기간, 연령별 등의 추이 분석, 김현호 등(2009)의 2007년에 발생한 근골격계질환자의 인구학적, 작업관련요인 등에 관한 특성 분석이 해당된다.

특정 산업분야나 연령층을 대상으로 한 발생 특성을 분석한 연구로는 김상우 등(2005)의 조선업에서 산업재해로 인정된 근골격계질환의 특성, 안연순과 임현술(2007)의 농림어업에 종사하는 근로자의 질병 특성, 박기혁과 정병용(2009)의 50세 이상의 고령근로자와 50세 미만의 근골격계질환자에 대한 발생 특성 비교 연구 등이 있다.

2.2 근골격계질환의 발생 원인 분석

근골격계질환의 발생 원인을 도출하고자 하는 연구는 작업환경, 방법, 설비 등의 작업관련성 요인과 사회, 심리적 요인, 개인적 요인 등의 요인이 근골격계질환의 발생과 어떠한 관계가 있는가를 밝히는데 있다.

근골격계질환의 발생 원인을 도출하기 위한 연구는 주로 근골격계질환자로 요양승인된 질환자나 근골격계질환과 관련된 자각증상 설문조사에서 통증을 호소한 응답자를 대상으로 한다. 자각증상 설문조사에 이용되는 설문도구로는 NIOSH와 ANSI의 증상조사표, KOSHA CODE, Nordic 설문지 등이 주로 이용된다. 근골격계질환과 작업관련 유해요인과의 인과관계나 관련성을 파악하기 위해선 작업부하와 관련한 주관적 평가, OWAS, RULA, REBA 등의 작업평가도구가 이용되기도 한다.

근골격계질환의 발생 원인 또는 위험요인으로는 성별, 연령 등의 개인적 요인, 작업환경, 방법, 설비 등의 작업관련성 요인과 사회, 심리적 요인 등으로 분류될 수 있다.

근골격계질환의 발생 원인을 분석하고자 하는 연구는 의학분야를 중심으로 개인적 요인이나 심리적 요인과의 연관성을 밝히는 데 초점이 모아졌으나, 유해요인조사 제도가 시행된 이후부터는 작업요인들을 포함하여 발생 원인을 파악하고자 하는 시도가 인간공학자들을 중심으로 진행되었고, 최근에는 산업의학분야, 산업간호, 물리치료학, 작업치료학, 인간공학분야 등의 학제적 연구도 늘어나고 있는 추세이다.

제조업을 대상으로 한 KOSHA CODE 또는 증상조사표를 이용한 자각증상과 제조업의 업종별 위험요인과의 관계를 분석한 논문으로는 김규상 등(2002)의 전기·전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 근골격계질환의 관련성 조사, 최미경 등(2005)의 인천지역 중소규모 사업장 근로자의 근골격계 증상 유병률과 관련요인, 이윤근과 임상혁(2006)의 자동차 조립 작업에서의 노동 조건 변화와 근골격계질환과의 관련성에 관한 연구와 장영숙(2008) 등의 워크샘플링을 이용한 자동차 부품공장 근로자의 근골격계질환 위험수준 분석, 구본언 등(2007)의 조선업 심층 작업자, 김철홍 등(2007)의 화학사업장에 관한 연구, 김규상 등(2009b)의 제조업 생산직 근로자의 상지 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인 연구 등이 있다.

비제조업을 대상으로 한 KOSHA CODE 또는 증상조사표를 이용한 자각증상과 업종별 위험요인과의 관계를 분석한 논문으로는 의료업종에서 치과위생사(권현진, 2004; 정상희, 2004), 종합병원 간호사(서순림과 기도형, 2005), 치과의사(최명관 등, 2006; 차주형 등, 2007), 작업치료사(강미정 등, 2007), 병원근로자(박정근 등, 2008)를 대상으로 통증호소율과 유해요인분석이 이루어졌으며, 유정임과 구정완(2007)은 방사선 관련 종사자의 증상호소율과 낡 앞치마의 착용과의 관계를 분석하였다. 또한, 허경화 등(2004)의 골프장 경기보조원의 자각증상호소율(41.8%)과 작업관련요인 분석, 정최경희 등(2004)의 초등학교 급식조리사의 근골격계 증상호소율(52.0%)과 위험요인 분석, 손경일 등(2004)의 지하철 정비사업장의 실태조사, 한영선 등(2008)의 자동차 정비사업소 업무별 증상호소율과 작업자세 분류, 노영만 등(2006)의 자동차 연구직의 근골격계질환 증상호소율(66.4%)과 영향을 미치는 요인 분석, 윤송이 등(2006)의 가사노동자의 근골격계질환 자각증상과 관련요인, 양동도와 임현교(2006)의 백화점 업무종사자, 김현호 등(2007)의 도·소매업종의 작업위험요인에 대한 실태조사에 관한 연구, 안태훈 등(2006)의 호텔 요리사 및 최원일 등(2007)의 음식 및 숙박업의 근골격계질환 관련 작업위험요인 분석, 김철홍 등(2008)의 비제조업종의 유해요인분석, 명준표 등(2008)의 환경미화원의 자각증상호소율(72.2%) 특성과 작업별 평가, 근골격계질환 통증호소와 작업과의 관련요인분석, 채경주(2009)의 피부미용사의 근골격계 손상과 예방에 관

한 문헌 연구 등이 있다.

KOSHA CODE 또는 증상조사표와 직무스트레스 검사 도구를 이용한 업종별 근골격계질환 통증호소자의 사회, 심리적 요인과의 관계를 분석한 논문으로는 이윤근과 박희석(2003)의 심리사회적 요인과 근골격계질환 증상과의 관련성 분석 연구, 고동희 등(2005)의 조선업종 근로자를 대상으로 한 요통의 발생과 직무스트레스와의 연관성 분석, 이철갑 등(2005)의 증상호소율과 사회심리적 요인과의 관련성 분석, 최순영 등(2005)과 김현성 등(2006)의 자동차 제조업과 이용희 등(2006)의 자동차 시트제조 작업자, 김유창과 배창호(2006)의 중공업 근로자, 배성규 등(2006)의 근골격계질환 증상호소율과 직무스트레스 위험요인과의 관련성 분석, 박상은 등(2006)의 케도 산업종사자의 근골격계질환 증상호소율(47.6%)과 작업환경 및 사회심리학적 관련요인의 분석, 이의철 등(2007)의 사무직 근로자, 정경희 등(2008)의 직무스트레스와 근골격계질환 증상과의 연관성 분석, 우남희와 김숙영(2009)의 종합병원, 김규상 등(2009a)의 이주 노동자들의 직무스트레스와 근골격계 증상의 관련성에 관한 연구 등이 있다.

이 밖에도 정우철 등(2004) 등의 직업 및 작업내용에 따른 작업관련성 수근관증후군의 비율 변화 분석, 박진옥과 노상철(2007)의 작업관련성 근골격계질환의 자각증상과 삶의 질간의 관련성 분석, 설진곤 등(2007)의 작업관련 근골격계 목 증상과 물리적 위험요인과의 관계에 관한 2년간의 추적 분석, 이항기 등(2007)의 중소 제조업체의 유해요인 조사결과 증상호소율과 작업평가결과, 의학적 검진결과와의 관련성 분석에 관한 연구 등이 있다.

3. 근골격계질환 예방 관련 국내외 제도

우리나라에서는 2003년에 근골격계질환 예방에 대한 사업주의 의무를 부과하는 산업안전보건법 제24조 1항 5호를 신설하였고, 동법 시행령 제 17조 및 산업보건기준에 관한 규칙을 개정하고, 노동부 고시 제2003-24호의 제정·고시를 통해 근골격계질환을 예방하기 위한 조치 및 의무사항을 규정하였다(한국산업안전공단, 2007). 이에 따라 국내 사업장들은 근골격계질환의 예방과 관리를 위하여 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성주지 및 근골격계질환 예방관리 프로그램의 수립, 시행 등의 다양한 예방활동을 추진하고 있다.

국내외 근골격계질환 관련제도를 살펴보면 근골격계질환 예방신청과 관련한 인정기준, 근골격계질환 예방을 위한 법적 제도 등으로 구분할 수 있으며, 주로 산업의학과와 인간

공학자를 중심으로 이루어졌다.

근골격계질환 관련 국내제도에 관한 연구로는 장성록 등(2003)의 근골격계질환의 제도적 관리에 관한 연구, 정병용과 오순영(2003)의 근골격계질환 예방을 위한 안전보건 정책에 관한 연구, 이윤근 등(2006) 등의 중량물 들기 작업에 대한 노동부 고시(2003-24호)의 문제점 분석, 정병용(2007)의 유해요인조사 제도의 고찰 및 발전방향에 관한 연구들이 있었으며, 해외제도에 관한 연구로는 구정완 등(2008)의 주요 선진국의 근골격계질환 예방제도 및 운영실태에 관한 연구, 정화식 등(2009)의 국가별 근골격계질환 관련법 및 규정 고찰 연구 등이 있다.

국외 근골격계질환에 관한 인정기준에 관한 연구로는 박종태(2003)의 독일에서의 인정기준, 임중환(2003)의 스웨덴에서의 인정기준, 한상환(2003)의 일본에서의 기준, 구정완(2003)의 미국에서의 인정기준에 관한 연구 등이 있다.

현재 우리나라의 근골격계 부담작업 유해요인조사 제도의 운영에 대하여 정병용(2007)은 기업에 따라 증상조사표 설문지와 기본조사표를 형식적으로 작성하는 것으로 마무리하는 회사들이 많아, 근골격계질환 예방을 위하여 작업개선의 취지에서 출발한 유해요인조사 제도가 서류상으로 흐르고 있으므로, 형식적인 면보다는 작업개선 활동이나 근골격계질환 예방을 위한 노력에 초점을 맞추는 지도 감독기관의 활동이 요구된다고 하였다. 또한, 유해요인조사 제도에 대한 효율적인 관리를 위하여 근로감독관 등 감독/점검 기관 종사자에 대한 인간공학적 측정 및 개선에 관련된 체계적인 양성교육과 유해요인조사를 담당하는 조사자들에 대한 자격과 보수교육이 필요하다고 하였다.

주요 선진국의 근골격계질환 예방제도를 살펴보면, 현재 산업안전보건에 대한 전반적인 시스템을 갖추고 운영되는 선진국과 우리나라의 법체계와의 직접적인 비교는 어렵다고 볼 수 있다. 그러나, 우리나라 또한 선진국의 전반적인 산업안전보건시스템에 의한 근골격계질환 예방관리와 같은 체계가 확립된다면 보다 효율적인 예방관리가 가능해질 것이다(구정완 등, 2008).

4. 근골격계질환 관련 작업평가방법론 및 작업기준 도출

4.1 작업평가방법론

근골격계질환 관련 작업평가방법론 및 작업기준에 관한 연구는 전통적인 인간공학분야의 연구 영역으로 많은 연구들이 진행되어 왔다.

국내 작업평가방법론에 관한 연구는 새로운 작업평가방

법론의 도출(이윤근 등, 2001; 이인석 등, 2002; 기도형, 2007), 기존 평가방법의 타당성 비교(이인석 등, 2003; 박재희와 곽원택, 2006; 박경식 등, 2006; 최현석 등, 2007), 새로운 평가방법론을 적용한 작업평가 연구(이관석 등, 2007; 김대성 등, 2009), 작업평가용 전산시스템 또는 소프트웨어의 구축에 관한 연구(정병용 등, 2005; 김현호와 정병용, 2006; 이준엽 등, 2007) 등으로 분류할 수 있다.

작업의 유해도를 평가하기 위한 작업평가도구들은 개발 배경의 차이로 인한 적용 대상, 특성, 평가 정확도 등에서 차이가 있는 것으로 언급되고 있다. 작업평가를 위하여 조사자들은 주로 OWAS(Karhu *et al.*, 1977), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), PEO(Fransson-Hall *et al.*, 1995), PLIBEL(Kemmlert, 1995), PATH(Buchholz *et al.*, 1996), REBA (Hignett and McAtamney, 2000), QEC(David, G. *et al.*, 2008) 등을 이용하고 있다. 미국 내의 인간공학 전문가(CPE)들을 대상으로 한 조사에서도, 전문가들은 작업 부하 평가나 재해보상 평가 과정에서 RULA 56.1%, OWAS 21.4%, REBA 17.9% 순으로 사용하고 있다고 보고된 바 있다(Dempsey *et al.*, 2005).

작업평가에서 작업장면을 일정시간 동안 촬영하고 이로부터 작업장면을 샘플링하여 작업부하 평가를 수행하는 것이 일반화되어 있지만(Corlett *et al.*, 1979; Karhu *et al.*, 1977; Shuvala and Donchin, 2005; Vedder, 1998), 국내 유해요인조사에서 워크샘플링에 의하여 단위 작업의 유해도를 평가하는 연구는 제한적으로 이용되고 있다(오순영 등, 2004; 이창민 등, 2005). 국내 유해요인조사에서는 시간적, 비용적 한계 때문에 주로 극단치를 이용한 분석이 수행되고 있다(박재희 등, 2006). 이로 인해 극단적인 작업장면의 평가만으로는 작업장면의 분포 등을 반영하지 못한다는 논란이 야기되고 있다(정병용과 신충규, 2008).

인간공학적 평가도구에 의하여 평가할 때, 어떤 평가도구를 적용하느냐에 따라 평가결과가 다르게 나올 수 있다. 이인석 등(2001)의 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교, 이윤근(2003)의 근골격계질환 위험요인의 평가방법 고찰, 이인석 등(2002)의 심물리학적 지각불편도와 인간공학적 작업자세 평가 기법의 비교, 기도형과 박기현(2005)의 연구, 박재희와 곽원택(2006)의 연구, 최현석 등(2007)의 연구에선 작업평가방법인 OWAS, RULA, REBA, 주관적 작업평가변수와의 연관성 분석 등이 이루어졌다.

작업평가방법의 타당성이나 신뢰성을 조사하기 위한 연구로는 이윤근 등(2002)의 자가평가에 의한 근골격계질환 위험요인 노출평가의 타당성 연구, 이동준 등(2003)의 육체적 작업강도 평가 설문지의 신뢰도와 타당도 연구, 이윤근(2005)의 근골격계질환 위험요인에 대한 조선업 근로자 자

가평가와 전문가 관찰방법 비교 연구, 박경식 등(2006)의 미국표준연구원 체크리스트 Z-365의 자가보고형 설문개발 및 타당도 평가, 박국무 등(2006)의 인간공학작업부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 판정기준의 정확성 평가 등이 있었으며, 새로운 작업평가방법론을 적용한 연구로는 권오채 등(2007)의 QEC를 이용한 천장 크레인 운전 작업부하 평가모델 개발, 이관석 등(2007)의 OCRA를 사용한 자동차 산업의 유해요인 평가, 김대성 등(2009)의 PATH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 유해요인 노출평가 등이 있다.

또한, 유해요인조사 등에서 작업평가의 효율성을 확보하기 위하여 정병용 등(2005)의 유해요인조사용 평가 소프트웨어 개발, 김현호와 정병용(2006)의 유해요인조사를 위한 실무용 작업위험평가 시스템 개발, 이준엽 등(2007)의 대규모 사업장에서의 유해요인조사 방법론 개발 등의 연구가 있었다.

4.2 인력운반 및 작업기준 도출

인력운반작업이란 어떤 물체를 기계의 도움 없이 인력에 의하여 들거나 내리거나 밀거나 당기거나 또는 운반에 의하여 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 작업을 말한다. 인력운반작업에서 작업자가 자신을 가장 잘 보호할 수 있는 방법은 자신의 한계를 알고, 그 범위 내에서 일하는 것이라고 많은 연구자들이 말하고 있다(김홍기, 2007).

인력운반작업과 관련한 인력운반 작업기준의 도출은 인간공학 연구분야의 가장 관심사이자 연구의 초점이 되는 영역이다. 이중에서도 작업자가 인력운반작업에서 안전하게 작업할 수 있는 최대허용중량을 결정하는 것은 작업실계에서 중요한 문제로 인식되어 왔다. 지금까지 최대허용중량을 결정하는 데는 1) 역학적인 방법(epidemiology), 2) 생체역학적 방법(biomechanical method), 3) 생리학적 방법(physiological method), 4) 심물리학적 방법(psychophysical method) 등이 주로 사용되어 왔다(NIOSH, 1981).

인력운반작업에서 들기 작업의 부하를 분석하기 위한 도구로는 생체역학적 기준, 생리학적 기준, 심물리학적 기준을 바탕으로 개발된 NIOSH 들기작업 공식 NLE(Waters et al., 1993), NLE에 비하여 간단하게 사용할 수 있는 WAC(Washington State, 2000), 손 위치, 작업자 집단, 이동거리 및 빈도에 대한 들기, 내리기, 밀기, 당기기, 운반 작업의 한계를 제시하는 Snook과 Ciriello(1991)의 최대허용중량/힘에 관한 표 등을 들 수 있다. WAC는 고려하여야 하는 변수가 적어 사용하기 간편하고, Snook과 Ciriello의 표는 다양한 인력운반작업을 다루고 있는 장점이 있다. NLE는

고려할 변수 수가 많아 복잡하지만 결과에 대한 해석이 용이하고, 개선방향을 도출할 수 있는 장점으로 산업현장에서 들기 작업의 분석에 많이 사용되고 있다.

국내에서의 인력운반작업에 관한 연구는 생체역학적, 생리학, 심물리학적 방법들을 조합하여 NIOSH 들기 작업 기준이나 최대허용중량에 관한 기준이 한국인 인체 특성에 맞는가를 평가하는 연구가 많았다.

생체역학적, 생리학, 심물리학적 방법들을 조합하여 진행한 연구로는 김홍기(1995)의 최대허용작업중량의 결정에 대한 인간공학작업 접근방법들의 비교 연구, 이관석과 박희석(1995)의 직접추정법의 대칭적인 들기 작업의 최대허용중 결정에의 적용에 관한 연구, 김홍기(1997)의 인력물자취급의 권장 하중에 대한 생리학적 고찰, 박지수 등(1996)의 작업유형에 따른 생리학적 작업 능력의 비교 분석, 윤희용(1997)의 한 손 연속 작업의 심리육체학적 모델링, 유우혁과 윤희용(2002)의 한국인의 들기 작업 시 작업빈도에 따른 인체심리학적, 생리학적 연구, 윤희용(2006)의 여러 가지 들기 작업에서의 인체심리학적·생리학적 연구, 김규상 등(2007)의 들기 작업에 대한 관찰형 평가 및 정신물리학적 평가 연구, 김홍기(2010)의 들기 작업과 내리기 작업의 생체역학적, 생리학적, 정신물리학적 기준치에 의한 비교 등이 있다.

NIOSH 들기작업 기준이나 최대허용중량에 관한 기준의 적용성을 평가한 연구로는 기도형(2006)의 병원 환자 운반 업무의 작업부하 분석에 NIOSH 들기작업 공식의 적용 가능성 분석, 박재희와 박태주(2007)의 다양한 무게의 중량물 복합들기작업에 대한 NIOSH 들기 작업 수식의 적용 연구 등이 있다.

이 밖에도 김민희 등(2005)의 물건 들기 시 허리벨트 착용에 따른 하지와 허리의 근활성도 및 각도 비교, 김동진 등(2006)의 어깨와 팔꿈치의 조합자세 및 외부부하가 지각 불편도에 미치는 영향, 이태용 등(2006)의 들기/내리기 빈도와 회복시간 변화에 따른 몸통 근육의 피로도 분석, 여민우 등(2006)의 들기 작업에서 높이와 각도 변화가 발 부위에 미치는 스트레스에 관한 연구, 김홍기(2006)의 한 손 들기 작업과 양 손 들기 작업의 근력 능력 비교 연구, 문명국과 김철홍(2006)의 작업위치와 손잡이 형태에 따른 남녀별 최대 밀기 능력의 측정과 활용에 관한 연구, 손경일 등(2007)의 자동차 조립 작업 시 작업방향 및 작업자세의 변화에 따른 최대작업빈도에 관한 연구, 김홍기(2007)의 한 손 들기 작업과 양 손 들기 작업의 근력 능력 비교 연구, 김정룡 등(2008)의 들기/내리기 작업 시 소음과 배경음악이 몸통 근육 피로도에 미치는 영향, 윤경채와 김정룡(2008)의 LAM으로 측정된 들기 작업 시 무게 변화에 따른 척추와 골반의 기여도 변화, 정상용 등(2009)의 들기 작업할 때

자세의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계, 장성록 등(2009) 들기 작업 시 몸통각도와 상완각도가 작업부담에 미치는 영향에 관한 연구 등이 발표되었다.

진동이나 밀기 작업 등에 관한 연구로는 황성환과 이동춘(2006)의 그라인딩 작업 시의 손목자세에 따른 진동성 백지증의 유병률 예측 연구, 손경일 등(2007)의 자동차 조립 작업 시 작업방향 및 작업자세의 변화에 따른 최대작업빈도 분석 등에 관한 연구 등이 발표되었다.

5. 작업개선 및 인간공학 프로그램 운영효과

5.1 작업개선 사례 연구

Westgaard and Winkel(1997)은 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 개선활동을 작업부하 경감을 위한 공학적 개선과 관리적 개선으로 분류하였다. 관리적 개선에는 합리화 전략(rationalization strategy), 조직 문화적(organizational culture) 접근과 신체증진 활동(modifier intervention)으로 구분하였다. 작업부하 경감을 위한 공학적 개선에는 작업대, 도구 등의 재설계, 작업 보조 도구 사용 등의 개선이 포함된다. 합리화 전략에는 직무순환, 다기능화, 작업량 분산 등이, 조직문화적 접근에는 건강 감시, 문제 발견 및 해결을 위한 시스템 구축, 인간공학팀 구성 등이 포함된다. 신체보완 활동에는 스트레칭, 운동 프로그램 실시, 물리치료 등이 해당된다.

현장에서 이루어지는 개선활동에 관한 연구는 주로 설비, 작업환경 등의 개선이 포함된 인간공학적 개선에 관한 연구가 주를 이루며, 오순영과 정병용(2005)의 조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선, 나종관과 박민용(2005)의 소형 부품 자동화 조립시스템의 개선안 도출, 기도형 등(2006)의 종합 병원 종사자 업무의 인간공학적 평가 및 개선 방안, 기도형(2006)의 병원 환자 운반 업무의 작업부하 분석 및 개선 방안, 양성환과 조문선(2007)의 자동차 부품 제조사업체의 근골격계질환 유해요인조사 사례 연구, 백승렬 등(2007)의 국내 상용자동차 제조 사업장의 근골격계질환 실태와 개선에 관한 연구, 김상호(2008)의 근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선 방안, 김규상 등(2008)의 피혁제조 공정 중 토글 작업에서 요통과 관련된 요추부하의 생체역학적 분석과 개선 방안, 민경철과 김동준(2008)의 선박생산공정의 3차원 휴먼 시뮬레이션을 이용한 감소 방안, 김유창과 장은준(2008)의 주관적 작업부하 평가를 이용한 쪼그려 앉기 작업에서의 하체서포터의 효과 분석 등이 있다.

5.2 예방활동 및 인간공학 프로그램의 운영효과

국내에서는 근골격계질환 예방을 위한 활동이나 인간공학 프로그램 구축사례, 예방활동 및 개선활동의 효과 분석, 예방관리 매뉴얼 도출 연구, 인간공학 프로그램 운영효과 분석 연구 등이 보고되고 있다.

근골격계질환 예방활동 및 개선활동에 관한 효과 연구로는 김유창 등(2002)의 한국에서의 근골격계질환 경제성 분석, 윤성용 등(2005)의 중소기업 사업장의 근골격계질환 예방을 위한 참여형 개선기법 적용사례, 김현주와 정우철(2005)의 근골격계질환 증상호소율과 인간공학적 개선에 의한 효과 분석, 정은희 등(2006)의 일개 병원에서의 참여형 개선활동 기법 (PAOT) 적용 후의 평가 비교, 김철홍 등(2007)의 자동차 부품사업장의 작업환경개선을 통한 자각증상호소율의 감소율 분석을 통한 예방효과 분석, 백승렬 등(2007)의 상용자동차 제조사업장의 작업개선 효과 분석, 장성록 등(2007)의 근골격계 부담작업개선에 따른 경제적 효과 분석, 이윤근과 한인임(2009)의 타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리 프로그램 적용효과 등이 있다. 이들 근골격계질환 예방활동 및 효과 분석 연구는 주로 인간공학자와 산업의학자들을 중심으로 진행되고 있다. 한편, 최인석과 정병용(2008)은 근골격계질환 관련 유해요인조사자의 직무교육에 관한 필요성과 교육내용의 중요성을 강조하였다.

근력강화나 스트레칭과 같은 신체증진 활동에 관한 효과 분석에 관한 연구로는 기미영 등(2004)의 스트레칭체조에 대한 교육이 여성근로자의 근골격계질환 예방을 위한 자기효능감, 건강신념 및 실천의지에 미치는 효과, 김기양과 구정완(2005)의 전자부품 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 운동프로그램 실시 후 지식, 태도, 실천의 변화 연구, 김보경 등(2005)의 중소기업 사업장 증상호소자의 운동프로그램 실시효과, 유지형(2008)의 호텔종사자들의 근골격계 증상완화를 위한 운동프로그램의 효과, 정민예 등(2008)의 농업인의 근력강화운동이 정신사회 및 신체적 건강수준에 미치는 효과 분석, 정유선과 김현욱(2008)의 치위생과 학생의 치면세마 실습시 근골격계질환 예방교육프로그램 실시 후 자세 변화의 영향, 김태홍(2008)의 견관절 부위의 근골격계질환을 가진 자동차업종 근로자의 스트레칭운동 개발 및 효과 분석, 진창원 등(2009)의 치료적 안마 수기요법이 근골격계 통증과 피로 자가증상에 미치는 영향 등이 있다. 이들 신체증진 활동에 관한 연구들은 주로 산업간호, 물리치료, 작업치료 분야의 연구자들을 중심으로 수행되었다.

사업장에서 근골격계질환 예방관리를 체계적으로 시행하기 위하여 예방관리 프로그램을 도입할 수 있다. 국내에서 도입되고 있는 근골격계 예방관리 프로그램은 해외에선 인

간공학 프로그램(ergonomics program)으로 불리고 있으며(OSHA, 1993; NIOSH, 1997), 프로그램의 구축과 운영 효과 등에 관한 연구 등이 진행되어 왔다.

인간공학 프로그램의 도입에 따른 효과 및 프로그램 운영에 관한 효율을 평가하고 수정/보완하는 것은 인간공학 프로그램의 활성화를 위하여 중요한 절차이다.

인간공학 프로그램의 구축에 관한 연구로는 한국산업안전공단(2005)의 업무 특성에 적합한 근골격계질환 예방관리 모델 개발: 근골격계질환 예방관리 실무지침서 개발 연구, 정기효 등(2005)은 근골격계질환 예방관리 프로그램에 관한 구조 분석 및 실무자 요구사항조사 연구, 박희석과 허소림(2006)의 제조업 근골격계질환 예방관리 프로그램의 구축 등이 있으며, 예방관리 매뉴얼에 관한 연구로는 김철홍 등(2009)의 비제조업종의 근골격계질환 예방관리 매뉴얼 개발이 있다.

Rosencrance and Cook(2000)은 인간공학 프로그램의 평가를 추진팀 업무추진과정과 적용효과 평가로 구분하였고, 추진팀 업무추진과정은 추진팀 크기, 대표성, 업무 분장 등을 기준으로 평가하였다. 또한, Demure 등(2000)은 인간공학 프로그램의 적용효과를 사고율, 근골격계질환 발생률, 근로자 만족도, 결근율 등을 기준으로 평가하였다.

미국 포드 자동차 공장의 경우 인간공학 관리프로그램을 통해 300% 이상의 비용절감 효과를 거둔 것으로 보고되고 있다. 결근일, 결근시간 감소가 프로그램 도입 후 124.9일에서 34.9일로 72% 감소되었고, 장애의 감소도 상지가 57~86%, 허리가 56%로 정도 감소하였다고 보고하였다(Joseph, 2003). 자동차업종의 푸조(Moreau, 2003), 볼보(Munck-Ulfsfält et al., 2003), 영국 스코틀랜드 자동차업종(Butler, 2003) 등은 인간공학 프로그램을 도입함으로써 작업조건의 개선과 근골격계질환자의 감소로 생산성의 증가와 비용의 절감 효과를 거두었다는 평가를 받고 있다.

국내에서는 정은희 등(2006)의 병원 사업장을 대상으로 한 참여형 개선활동 기법 및 인간공학 프로그램 실시 후의 효과 분석, 김유창 등(2006)의 조선업종에서 3년간 인간공학 프로그램을 운영한 결과에 대한 효과 분석, 김재형 등(2007)의 자동차 회사의 인간공학 프로그램 적용 등이 보고되었으며, 표연 등(2007)은 조선회사에서의 인간공학 프로그램 운용사례를 통해 프로그램 시행 전·후 2년간의 비교를 통해 생산성의 향상이 있었고, 산재보험 부담금은 22% 감소, 근골격계질환자수 및 근로손실일수 등에서 41.5~71.1%의 감소한 반면에 연간 근로자당 의료실 운용비는 29.2% 증가한 것으로 보고하였다.

6. 결론 및 검토

본 연구에서는 근골격계질환과 관련하여 국내 학술지에 발표된 논문을 분류하여 1) 근골격계질환의 발생 현황 및 원인, 2) 근골격계질환 관련 국내외 제도, 3) 근골격계질환 관련 작업평가방법론 및 작업기준 도출, 4) 작업개선 및 인간공학 프로그램 운영효과 측면에서 정리함으로써 근골격계질환 예방과 관련한 인간공학의 역할과 기여에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다. 이들 기초 자료를 토대로 이번 대한인간공학회지 특집호로 "근골격계질환 예방"이란 주제를 정하였으며, 근골격계질환 예방을 위한 주요 주제별로 전문가를 선정하여 근골격계질환과 관련한 현주소와 발전 방향을 제시하고자 하였다.

본 특집호에서 다루어진 주제는 근골격계질환 예방과 인간공학의 역할, 직업성 근골격계질환의 발생 현황과 특성, 근골격계질환 예방을 위한 국내외 제도, 작업평가방법론 및 현장 적용 고찰, 작업부하 평가를 위한 생체역학적 측정방법, 상지, 하지에서 발생하는 근골격계질환의 예방, 작업관련성 근골격계질환과 사회심리적 요인, 근골격계질환의 의학적 접근, 자동차 관련 업종에서의 근골격계질환 예방과 관리, 조선업종에서 인간공학 프로그램의 운영사례, 농작업자의 근골격계질환 예방과 작업효율성 향상을 위한 농작업 편이 장비의 평가, 고령화사회의 근골격계질환 관련 대응전략, 산업현장에서의 근골격계질환 예방제도의 발전 방안 등이다.

본 특집호에서 다루어진 주제와 내용들이 근골격계질환 예방을 위한 길잡이 역할을 하여 근골격계질환자 감소에 기여하기를 기대해 본다. 또한, 효율적인 근골격계질환 예방 활동을 위하여 인간공학의 역할을 확대할 수 있는 제도의 확립이 요구되며, 다양한 측면에서의 예방활동의 접근을 위하여 산업의학, 산업위생, 산업간호, 물리치료, 작업치료 등의 학문분야와 인간공학 학문과의 유기적인 협력을 기대해 본다.

참고 문헌

근골격계질환 발생 현황 및 추이

- BLS, *Occupational Injuries and Illnesses*, <http://www.bls.gov/>
 통계청, 산업별 취업자수, <http://kosis.nso.go.kr>
 한국산업안전공단, *산업재해통계*, <http://www.kosha.or.kr/>
 한국조선협회, *조선통계자료*, <http://www.koshipa.or.kr/>
 기도형, 우리나라 근골격계질환의 추이와 산업체 안전담당자의 인식 실태 조사, *대한인간공학회지*, 22(4), 79-90, 2003.
 김병권, 김준연, 한국의 근골격계질환의 현황, *대한산업의학회* 2003

- 년도 춘계 학술대회논문집, 7-176, 2003.
- 김상우, 강동목, 신용철, 조선업에서 산업재해로 인정된 근골격계 질환의 특성, *한국산업위생학회지*, 15(2), 114-123, 2005.
- 권부현, 박기혁, 김욱, 김영미, 최홍구, 우리나라의 근골격계질환자 발생 추이 분석(1998~2007), *대한인간공학회 2008 춘계 학술대회논문집*, 28-33, 2008.
- 김현호, 박현진, 박기혁, 김욱, 유찬영, 김증호, 박정선, 산업재해 중 근골격계질환 요인 특성 분석, *대한인간공학회지*, 28(3), 17-25, 2009.
- 박기혁, 정병용, 50세 이상 고령근로자의 근골격계질환 발생 특성 및 원인에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 28(4), 139-145, 2009.
- 안연순, 최용휴, 강성규, 정호근, 작업관련성 근골격계질환으로 요양승인된 사례 분석, *대한산업의학회지*, 14(2), 154-168, 2002.
- 안연순, 임현술, 업무상 질병으로 요양승인된 농림어업에 종사하는 근로자의 질병 특성, *대한산업의학회지*, 19(1), 1-16, 2007.
- 윤훈용, 송미진, 산업현장에서의 한국과 미국의 근골격계질환 현황 분석, *대한인간공학회 2006 춘계 학술대회논문집*, 468-472, 2006.
- 정백근, 김준연, 홍영습, 임현술, 문재동, 이충렬, 이종태, 이용환, 김철홍, 이명진, 국민건강보험공단 자료의 근골격계질환 환자 입원기간 분석, *대한정형외과학회지*, 41(4), 736-745, 2006.
- 근골격계질환의 발생 원인 및 특성**
- 강미정, 정원미, 구정완, 작업치료사의 근골격계 자각증상과 관련 요인, *대한작업치료학회지*, 15(2), 117-128, 2007.
- 강진우, 유재혁, 이종원, 이항기, 한영선, 구정완, 자동차 정비사들의 직능별 근골격계 자각증상호소율 및 자세비율에 대한 연구, *대한인간공학회 2008 춘계 학술대회논문집*, 206-209, 2008.
- 고동희, 김형렬, 장세진, 고상백, 강성규, 원종욱, 노재훈, 생분 석을 이용한 직무스트레스가 직업성 요통의 발생에 미치는 영향 분석, *대한산업의학회지*, 17(2), 95-103, 2005.
- 구본연, 박근상, 김창환, 조선업의 심출 작업에 종사하는 비정형 근로자에 대한 근골격계질환 분석, *대한인간공학회지*, 26(2), 113-122, 2007.
- 권현진, Video를 이용한 치과위생사의 작업자세분석과 근골격계 자각증상과의 관련성, *대한치과위생학회지*, 6(1), 1-10, 2004.
- 김규상, 이동경, 최용휴, 정병용, 정호근, 전기·전자제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환, *대한산업의학회 2002년도 추계학 술대회논문집*, 148-150, 2002.
- 김규상, 조민희, 이선웅, 김태균, 류향우, 이미영, 원용림, 이주 동자들의 직무스트레스와 근골격계 증상의 관련성, *대한산업 의학회지*, 21(4), 378-387, 2009.
- 김규상, 홍창우, 이동경, 정병용, 제조업의 생산직 근로자의 상지 근골격계 증상에 영향을 미치는 요인, *한국산업위생학회지*, 19(4), 390-402, 2009.
- 김유창, 배창호, 중공업에서의 근골격계질환과 직무스트레스의 관계에 관한 연구, *한국안전학회지*, 21(4), 108-113, 2006.
- 김철홍, 문명국, 이재은, 정윤희, 국내 모 화학사업장의 근골격계 질환 실태에 관한 조사 연구, *대한인간공학회 2007 춘계 학술 대회논문집*, 151-155, 2007.
- 김철홍, 윤훈용, 문명국, 김대성, 비제조업종의 근골격계질환 유해 요인에 관한 연구, *대한인간공학회 2008 춘계 학술대회논문집*, 223-227, 2008.
- 김현성, 최순영, 강석호, 박동현, 자동차산업 근로자의 직무스트레스와 근골격계질환 자각증상과의 연관성, *한국산업위생학회지*, 16(3), 264-275, 2006.
- 김현호, 김규완, 조성현, 김대성, 김증호, 강성규, 도·소매업종의 작업위험요인에 대한 실태조사에 관한 연구, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회논문집*, 291-295, 2007.
- 노영만, 김윤신, 양진재, 양영애, 허진강, 일개 자동차 회사 연구직 근로자의 근골격계질환 증상호소율과 관련요인, *대한인간공 학회 2006 춘계 학술대회*, 501-507, 2006.
- 명준표, 이항기, 김형렬, 정혜선, 정은희, 남웅, 구정완, 환경미화 원의 작업별 근골격계질환 자각증상 특성과 상지의 인간공학 적 평가, *대한산업의학회지*, 20(2), 93-103, 2008.
- 박진욱, 노상철, 작업관련성 근골격계질환의 자각증상과 삶의 질 간의 관련성, *대한산업의학회지*, 19(2), 156-163, 2007.
- 박상은, 정은희, 권정현, 구정완, 일부 케도 산업 근로자에서의 근 골격계질환 증상유병율과 관련요인, *대한인간공학회 2006 추 계 학술대회논문집*, 29-33, 2006.
- 박정근, 김대성, 서경범, 병원근로자의 근골격계질환 증상 특성 및 관리방안, *대한인간공학회지*, 27(3), 81-92, 2008.
- 배성규, 박동현, 김재형, 작업성 근골격계질환에 대한 직무스트레 스 중심의 위험요인 및 경로분석모델에 대한 연구, *대한인간 공학회 2006 춘계 학술대회*, 119-122, 2006.
- 서순림, 기도형, 종합 병원 간호사의 근골격계질환 실태조사, *대한 인공학회지*, 24(2), 17-24, 2005.
- 실진근, 강동목, 이수일, 김영기, 작업관련 근골격계 목 증상과 물 리적 위험요인의 양-반응관계 (2년간 추적 연구), *대한산업 의학회지*, 19(2), 145-155, 2007.
- 손경일, 김철홍, 권영준, 백승렬, 국내 지하철 정비 사업장의 근골 격계질환 실태조사에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 23(3), 121 -134, 2004.
- 안태훈, 김준식, 정병용, 호텔 요리사의 인간공학적 작업위험성 평 가, *대한인간공학회지*, 25(3), 105-111, 2006.
- 양동도, 임현교, 백화점 업무 종사자의 근골격계질환 관련 유해요 인 특성, *대한인간공학회 2006년 춘계 학술대회논문집*, 134 -138, 2006.
- 우남희, 김숙영, 일개 종합병원 간호사의 직무스트레스와 근골격 계 증상, *산업간호학회지*, 18(2), 270-280, 2009.
- 유정임, 구정완, 방사선 방어용 앞치마를 착용하는 방사선 관련 종사자의 근골격계 증상호소와 관련요인, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회논문집*, 296-299, 2007.
- 윤송이, 최계욱, 김해준, 이은일, 가사노동자의 근골격계질환 자각 증상과 관련요인, *산업간호학회지*, 15(1), 14-29, 2006.
- 이용희, 이동춘, 이상도, 자동차 시트 제조작업장에서의 직무스트 레스 요인과 직업성 근골격계질환의 상관성에 관한 연구, *대 한인간공학회 2006 춘계 학술대회*, 34-39, 2006.
- 이윤근, 임상혁, 자동차 조립 작업에서의 노동 조건 변화와 근골격 계질환과의 관련성, *한국산업위생학회지*, 16(3), 276-283, 2006.
- 이윤근, 박희석, 심리사회적 요인과 근골격계질환 증상과의 관계 에 대한 연구, *대한인간공학회지*, 22(4), 15-25, 2003.
- 이의철, 김환철, 정달영, 김동현, 임종한, 박신구, 사무직 근로자에

서 직무스트레스 및 VDT 작업과 목·어깨 근골격계 증상과의 관련성, *대한산업의학회지*, 19(3), 187-195, 2007.

이철갑, 박종, 박정식, 손석준, 작업관련성 근골격계질환 증상 호소와 관련된 사회심리적 요인, *대한산업의학회지*, 17(2), 104-115, 2005.

이향기, 강진우, 이종원, 한영선, 명준표, 정윤경, 김대성, 구정완, 근골격계질환 유해요인조사와 의학적 검진의 연관성에 관한 연구, *대한인간공학회 2007 추계 학술대회논문집*, 422-425, 2007.

장영숙, 이택영, 박소연, Work sampling 기법을 이용한 자동차 부품공장 근로자의 근골격계질환 위험수준 분석, *대한작업치료학회지*, 16(4), 77-88, 2008.

정경희, 김유창, 강동목, 김정원, 직무스트레스와 근골격계질환·정신증상과의 관계에 대한 연구, *대한인간공학회지*, 27(1), 1-7, 2008.

정우철, 권호장, 하미나, 노상철, 권범선, 현정근, 이성재, 이종민, 권정이, 김준성, 백남중, 이호, 이경우, 이삼규, 작업관련성 수근관후증군 감시체계, *대한산업의학회지*, 16(1), 37-47, 2004.

정상희, 치과위생사의 작업관련성 근골격계질환 유병률과 주요업무별 인간공학적 평가, *대한치과위생학회지*, 6(1), 87-99, 2004.

정취경희, 이상윤, 기명, 조기홍, 강희태, 권영준, 김현주, 김명희, 민경복, 박혜숙, 김정연, 하은희, 백도명, 초등학교 급식 조리노동자의 근골격계 증상 위험요인에 대한 다수준 분석 연구, *대한산업의학회지*, 16(4), 436-449, 2004.

차주형, 유태범, 최화순, 이재봉, 김명기, 정민근, 정철현, 국내 치과외사의 근골격계질환 실태조사, *대한인간공학회지*, 26(2), 137-147, 2007.

채경주, 피부미용사의 근골격계 손상과 예방에 관한 문헌 연구, *대한피부미용학회지*, 7(4), 73-85, 2009.

최명관, 최상복, 차상운, 치과외사의 근골격계질환 자각증상과 유해요인에 관한 연구, *한국안전학회지*, 21(6), 106-115, 2006.

최미경, 김영숙, 이연숙, 성낙정, 한상환, 인천지역 중소기업 사업장 근로자의 근골격계 증상 유병률과 관련요인, *산업간호학회지*, 14(2), 118-128, 2005.

최순영, 김현성, 김태현, 박동현, 자동차 제조업 근로자의 직무스트레스와 근골격계질환 자각증상에 대한 연구, *한국안전학회지*, 20(3), 202-211, 2005.

최원일, 김대성, 김정훈, 최동식, 김일우, 김중호, 강성규, 음식 및 숙박업의 근골격계질환에 대한 실태조사 결과, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회*, 279-285, 2007.

한영선, 이승철, 박상은, 구정완, 일개 자동차 정비사업소 업무와 관련한 작업분류별 근골격계질환 유해요인 및 작업자세 실태조사, *대한인간공학회 2008 춘계 학술대회논문집*, 237-241, 2008.

허경화, 한영선, 정혜선, 구정완, 골프장 경기보조원의 근골격계 자각증상과 관련요인, *대한산업의학회지*, 16(1), 92-102, 2004.

근골격계질환 예방 관련 국내외 제도

<http://www.dol.gov> (미국 노동부)

<http://www.osha.gov> (미국 OSHA)

<http://www.cdc.gov/niosh/topics/ergonomics> (미국 NIOSH)

<http://www.dir.ca.gov/title8/5110.html> (미국 California주)

<http://www.lni.wa.gov/Safety/Topics/Ergonomics/default.as>

(미국 Washington주)

<http://www.hrsdc.gc.ca> (캐나다 HRSDC)

<http://www.ccohs.ca> 캐나다 OSHA)

<http://osha.eu.in> (유럽 작업장안전보건청)

<http://www.fees-network.org> (유럽인간공학연합)

<http://www.cenorm.be> (유럽표준위원회 CEN)

<http://www.hse.gov.uk> (영국 HSE))

<http://www.dwp.gov.uk/>

<http://www.mhlw.go.jp/english> (일본 후생노동성)

<http://www.jisha.or.jp> (일본 중앙노동재해방지협회)

<http://www.jniosh.go.jp>

구정완, 미국의 근골격계질환 인정기준, *대한산업의학회 2003년도 춘계 학술대회논문집*, 41-52, 2003.

구정완, 조홍식, 허성욱, 윤명환, 김성한, 김현욱, 김용규, 김형렬, 한영선, 이종원, 강진우, 김형욱, 주요 선진국의 근골격계질환 예방제도 및 운영실태, *대한산업의학회 2008년 추계 학술대회논문집*, 179-181, 2008.

박종태, 독일의 근골격계질환 인정기준, *대한산업의학회 2003년도 춘계 학술대회논문집*, 62-69, 2003.

이윤근, 윤덕기, 중량물 들기 작업에 대한 노동부 고시(2003-24호)의 문제점, *한국산업위생학회지*, 16(3), 284-289, 2006.

이창민외, *근골격계 부담작업 정밀실태조사연구*, 한국산업안전공단 보고서, 2005.

임종환, 스웨덴의 근골격계질환 인정기준, *대한산업의학회 2003년도 춘계 학술대회논문집*, 58-61, 2003.

장성록, 김용수, 이관석, 김유창, 배동철, 근골격계질환의 제도적 관리에 관한 연구, *한국안전학회지*, 18(3), 149-153, 2003.

정병용, 오순영, 근골격계질환 예방을 위한 안전보건 정책에 관한 연구, *대한안전경영과학회지*, 5(4), 63-74, 2003.

정병용, 유해요인조사 제도의 고찰 및 발전방향, *대한인간공학회지*, 26(2), 123-129, 2007.

정화식, 박재희, 이인석, 기도형, 국가별 근골격계질환 관련법 및 규정 고찰, *대한안전경영과학회지*, 11(2), 69-75, 2009.

한국산업안전보건공단, *KOSHA CODE H-30-2003*, 2003.

한국산업안전보건공단, *KOSHA CODE H-31-2003*, 2003.

한국산업안전공단, *업무 특성에 적합한 근골격계질환 예방관리 모델 개발: 근골격계질환 예방관리 실무지침서 개발*, 2005.

한국산업안전공단, *근골격계 부담작업 유해요인조사 실무지침 및 조사방법*, 2007.

한상환, 일본의 근골격계질환 인정기준, *대한산업의학회 2003년도 춘계 학술대회*, 53-57, 2003.

작업평가방법론

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

Corlett, E. N., Madeley, S. J. and Manenica, I., Posture targeting: a technique for recording working postures. *Ergonomics*, 22 (3), 357-366, 1979.

- David, G., Woods, V., Li, G. and Buckle, P., The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Applied Ergonomics*, 39(1), 57-69, 2008.
- Dempsey, P. G., McGorry, R. W. and Maynard, W. S., A survey of tools and methods used by certificated professional ergonomists, *Applied Ergonomics*, 36, 489-503, 2005.
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, A., Winkel, J., Karlqvist, L., Winktorin, C. and Stockholm Music 1 study group., A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling, *Applied Ergonomics*, 26(2), 93-100, 1995.
- Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment", *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.
- Karhu, O., Kansu, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.
- Kemmlert, K., A method assigned for the identification of ergonomic hazards? PLIBEL, *Applied Ergonomics*, 26(3), 199-211, 1995.
- 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.
- Paquet, V. L., Punnett, L. and Buchholz, B., Validity of fixed-interval observations for postural assessment in construction work, *Applied Ergonomics*, 32(3), 215-224, 2001.
- Shuvala, K. and Donchin, M., Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 569-581, 2005.
- Vedder, J., Identifying postural hazards with a video-based, occurrence sampling method, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22, 37-38, 1998.
- 권오채, 이상기, 조영석, 박정철, 정기효, 유희찬, 한성호, 천장 크레인 운전 작업부하 평가모델 개발, *대한인간공학회지*, 26(2), 45-59, 2007.
- 기도형, 박기현, 작업자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교, *한국안전학회지*, 20(2), 127-132, 2005.
- 기도형, 외부부하, 동작 반복 효과가 반영된 자세 분류 체계의 개발, *대한인간공학회지*, 26(1), 39-46, 2007.
- 김대성, 박정근, 한영선, PAIH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 근골격계질환 유해요인 노출평가에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 28(4), 83-89, 2009.
- 김영기, 강동목, 고상백, 손병철, 김정원, 김대환, 김건형, 한성호, 자동차 엔진조립공장 노동자에서 근골격계 증상의 관련요인, *대한산업의학회지*, 16(4), 488-498, 2004.
- 김현호, 정병용, 유해요인조사를 위한 실무용 작업위험평가 시스템 개발, *대한인간공학회 2006 추계 학술대회논문집*, 19-23, 2006.
- 박경식, 신용철, 우지훈, 강동목, 이용환, 미국표준연구원 체크리스트 Z-365의 자가보고형 설문개발 및 타당도 평가, *한국산업위생학회지*, 16(2), 172-182, 2006.
- 박국무, 류태범, 기도형, 정민근, 인간공학적 작업부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 환경기준의 정확성 평가, *대한인간공학회지*, 25(2), 119-123, 2006.
- 박재희, 박원택, 근골격계 부담작업평가에서 개별장면의 대표값들과 전문가관정 결과 간의 비교, *대한인간공학회지*, 25(2), 205-210, 2006.
- 정병용, 신충규, 워크샘플링 장면과 극단치 작업장면의 작업평가 결과 비교, *대한인간공학회지*, 27(3), 53-60, 2008.
- 이관석, 이상희, 양계농가 작업자의 근골격계질환 예방을 위한 작업장 분석, *한국안전학회지*, 22(4), 90-95, 2007.
- 이관석, 김재형, 정민수, 전성재, 천영지, 자동차 산업에서의 OCRA Checklist와 RULA 평가 비교, *대한인간공학회지*, 26(4), 153-160, 2007.
- 이동준, 조병만, 김종은, 고상백, 김정원, 장준호, 강동목, 이수일, 육체적 작업강도 평가 설문지의 신뢰도와 타당도, *대한산업의학회지*, 15(4), 388-400, 2003.
- 이윤근, 임상혁, 박희석, 김현욱, 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발, *한국산업위생학회지*, 11(1), 56-69, 2001.
- 이윤근, 현수돈, 임상혁, 박희석, 자가평가에 의한 근골격계질환 위험요인 노출 평가의 타당성, *대한인간공학회 2002년 학술대회논문집*, 147-156, 2002.
- 이윤근, 근골격계질환 위험요인을 어떻게 평가할 것인가?, *한국산업위생학회지*, 13(3), 182-190, 2003.
- 이윤근, 근골격계질환 위험요인에 대한 조선업 근로자 자가평가와 전문가 관찰 방법 비교, *한국산업위생학회지*, 15(2), 83-89, 2005.
- 이인석, 최경임, 정민근, 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교, *대한인간공학회지*, 22(1), 43-56, 2003.
- 이인석, 기도형, 정민근, 심물리학적 방법을 이용한 다양한 하지 자세의 부하 평가, *대한인간공학회지*, 21(4), 47-65, 2002.
- 이준엽, 서현수, 손동원, 대규모 사업장에서 인간공학적 유해요인조사 방법론, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회논문집*, 360-363, 2007.
- 정병용, 이종협, 김국, 유해요인조사용 평가 소프트웨어 개발, *대한인간공학회지*, 24(4), 79-83, 2005.
- 최현석, 김정룡, 박지수, 다양한 측정방법을 통한 자동차정비공장의 근골격계질환의 평가, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회*, 344-349, 2007.

인력운반 및 작업기준 도출

- NIOSH, *Work Practices Guide for Manual Lifting*, DHHS Publication No. 81-122, 1981.
- NIOSH, *Applications manual for the revised 1991 NIOSH lifting equation*, DHHS Publication, 1991.
- Snook, S. H. and Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, *Ergonomics*, 34(9), 1197-1213, 1991.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A. & Fine, L. J., Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749-776, 1993.
- Washington State, WAC296-62-05174, 2000. <http://www.lni.wa.gov/wisha>
- 기도형, 병원 환자 운반 업무의 작업부하 분석에 NIOSH 들기 작업 공식의 적용 가능성, *대한인간공학회지*, 25(2), 43-50, 2006.

- 김규상, 홍창우, 이항기, 들기작업 실험에 대한 관찰형 평가 및 정신물리학적 평가, *대한인간공학회 2007 추계 학술대회논문집*, 2-8, 2007.
- 김동진, 나석희, 박국무, 기도형, 정민근, 어깨와 팔꿈치의 조합자세 및 외부부하가 지각불편도에 미치는 영향, *대한인간공학회지*, 25(4), 145-151, 2006.
- 김민희, 이정아, 정도영, 정민예, 물건 들기 시 허리벨트 착용에 따른 하지와 허리의 근활성도 및 각도 비교, *대한산업의학회지*, 17(4), 259-266, 2005.
- 김정룡, 신현주, 이인재, 들기/내리기 작업 시 소음과 배경음악이 몸통 근육 피로도에 미치는 영향, *대한인간공학회지*, 27(3), 15-22, 2008.
- 김홍기, 최대 허용작업중량의 결정에 대한 인간공학적 접근방법들의 비교 연구, *대한인간공학회지*, 14(1), 91-96, 1995.
- 김홍기, 인력물자취급의 권장 하중에 대한 생리학적 고찰, *대한인간공학회지*, 16(3), 23-36, 1997.
- 김홍기, 한 손 들기 작업과 양 손 들기 작업의 근력 능력 비교 연구, *대한인간공학회지*, 26(2), 35-44, 2007.
- 김홍기, 들기 작업과 내리기 작업의 생체역학적, 생리학적, 정신물리학적 기준치에 의한 비교, *대한인간공학회지*, 29(1), 145-153, 2010.
- 문명국, 김철홍, 작업위치와 손잡이 형태에 따른 남녀별 최대 밀기 능력(MVC)의 측정과 활용에 관한 연구, *대한인간공학회 2006년 춘계 학술대회논문집*, 177-180, 2006.
- 박재희, 박태주, 다양한 무게의 중량물 복합들기작업에 대한 NIOSH 들기작업 수칙의 적용, *대한인간공학회 2007 춘계 학술대회논문집*, 357-359, 2007.
- 박지수, 김홍기, 최진영, 작업유형에 따른 생리학적 작업 능력의 비교분석, *대한인간공학회지*, 15(2), 89-98, 1996.
- 여민우, 이상도, 이동춘, 들기 작업에서 높이와 각도 변화가 발 부위에 미치는 스트레스에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 25(3), 17-24, 2006.
- 유우혁, 윤훈용, 한국인의 들기 작업 시 작업빈도에 따른 인체심리학적, 생리학적 연구, *대한인간공학회 2002년 학술대회논문집*, 91-94, 2002.
- 윤경채, 김정룡, LAM(Lumbar Action Meter)으로 측정된 들기 작업 시 무게 변화에 따른 척추와 골반의 기여도 변화, *대한인간공학회 2008 춘계 학술대회논문집*, 57-61, 2008.
- 윤훈용, "한손연속작업의 심리육체학적 모델링", *대한인간공학회 춘계 학술대회 논문집*, 95-99, 1997.
- 윤훈용, 여러 가지 들기 작업에서의 인체심리학적·생리학적 연구, *대한인간공학회지*, 25(2), 11-21, 2006.
- 이관석, 박희석, 직접추정법의 대칭적인 들기 작업의 최대허용하중 결정에의 적용에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 14(1), 1-7, 1995.
- 이태용, 김정룡, 신현주, 들기/내리기 빈도와 회복시간 변화에 따른 몸통 근육의 피로도 분석, *대한인간공학회지*, 25(2), 197-204, 2006.
- 장성록, 박형구, 들기 작업 시 몸통각도와 상완각도가 작업부담에 미치는 영향에 관한 연구, *한국안전학회지*, 24(2), 69-75, 2009.
- 정상용, 강진우, 구정완, 들기 작업할 때 자세의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계, *대한인간공학회지*, 28(3), 41-47, 2009.
- 황성환, 이동춘, 그라인딩 작업 시 손목자세에 따른 진동성 백지증의 유병률 예측, *대한인간공학회 2006 추계 학술대회논문집*, 434-438, 2006.

인간공학적 작업장 개선

- Westgaard, R. H. and Winkel, J., Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(6), 463-500, 1997.
- 김현호, 정병용, 유해요인조사를 위한 실무용 작업위험평가 시스템 개발, *대한인간공학회 추계 학술대회논문집*, 2006.
- 기도형, 병원 환자 운반 업무의 작업부하 분석 및 개선 방안, *한국안전학회지*, 21(2), 121-127, 2006.
- 기도형, 송영웅, 종합 병원 종사자 업무의 인간공학적 평가 및 개선 방안, *한국산업위생학회지*, 16(2), 161-171, 2006.
- 김규상, 홍창우, 이동경, 피혁제조 공정 중 토글 작업에서 요통과 관련된 요추 부하의 생체역학적 분석과 개선 방안, *한국산업위생학회지*, 18(3), 239-247, 2008.
- 김상호, 근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선 방안, *대한인간공학회지*, 27(1), 9-19, 2008.
- 나종관, 박민용, 소형 부품 자동화 조립시스템의 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 개선안 연구, *대한인간공학회지*, 24(2), 57-63, 2005.
- 민경철, 김동준, 3차원 휴먼 시뮬레이션을 이용한 선박생산공정의 근골격계질환 감소방안 연구, *한국해양공학회지*, 22(5), 119-125, 2008.
- 백성렬, 임석진, 권영준, 문명국, 국내 상용자동차 제조 사업장의 근골격계질환 실태와 개선에 관한 연구, *대한인간공학회 2007 추계 학술대회논문집*, 314-318, 2007.
- 양성환, 조문선, 자동차 부품 제조사업체의 근골격계질환 유해요인조사 사례 연구, *대한안전경영과학회지*, 9(2), 33-48, 2007.
- 오순영, 정병용, 조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선, *대한인간공학회지*, 24(1), 27-35, 2005.

근골격계질환 예방 프로그램 및 운용효과

- Demure, B., et al., Video display terminal workstation improvement program: I. Baseline associations between musculoskeletal discomfort and ergonomic features of workstations, *Journal of Occupational Environmental Medicine*, 42(8), 783-791, 2000.
- Joseph, B., Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company, *Applied Ergonomics*, 34(1), 23-28, 2003.
- Moreau, M., Corporate ergonomics programme at automobiles Peugeot-Sochaux, *Applied Ergonomics*, 34(1), 29-34, 2003.
- Munck-Ulfstalt, U, et al., Corporate ergonomics programme at Volvo Car Corporation, *Applied Ergonomics*, 34(1), 17-22, 2003.
- NIOSH, *Elements of ergonomics programs*, NIOSH, 1997.
- OSHA, *Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants*, 1993.
- Rosecrance, J. and Cook, T., The use of participatory action research and ergonomics in the prevention of work-related musculoskeletal

- disorders in the newspaper industry, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(3), 255-262, 2000.
- 기미영, 정혜선, 김영임, 스트레칭체조에 대한 교육이 여성근로자의 근골격계질환 예방을 위한 자기효능감, 건강신념 및 실천 의지에 미치는 효과, *산업간호학회지*, 13(2), 130-139, 2004.
- 김기양, 구정완, 일개 전자부품 근로자의 근골격계질환 예방을 위한 운동프로그램 실시 후 지식, 태도, 실천의 변화, *산업간호학회지*, 14(2), 153-163, 2005.
- 김보경, 박정일, 임현우, 구정완, 이강숙, 중소기업 사업장에서 근골격계 증상의 고 위험군 선결과 운동프로그램의 효과, *대한산업의학회지*, 17(1), 10-25, 2005.
- 김유창, 장성록, 근골격계질환 예방을 위한 조선업종에서 인간공학 프로그램의 운영과 효과에 관한 연구, *한국안전학회지*, 21(6), 101-105, 2006.
- 김유창, 이관석, 장성록, 최은진, 한국에서의 근골격계질환 경제성 분석, *대한인간공학회 2002년 학술대회논문집*, 233-238, 2002.
- 김철홍, 문명국, 김대성, 비제조업종의 근골격계질환 예방관리 매뉴얼 개발, *대한인간공학회지*, 28(1), 29-36, 2009.
- 김철홍, 문명국, 노상철, 이재은, 이명행, 자동차 부품 사업장에서의 작업환경 개선을 통한 근골격계질환의 예방효과에 대한 연구, *대한인간공학회 2007 추계 학술대회논문집*, 115-119, 2007.
- 김태홍, 건관절 부위의 근골격계질환을 가진 자동차 작업장 근로자를 위한 스트레칭 운동 개발 및 효과 검증, *한국체육과학회지*, 17(2), 981-992, 2008.
- 김현주, 정우철, 일부 제조업체 노동자들의 작업관련 근골격계질환의 증상 유형들과 일차 중재의 관련요인, *대한산업의학회지*, 17(2), 116-128, 2005.
- 박희석, 허소람, 제조업 근골격계질환 예방관리 프로그램 구축 사례, *대한인간공학회 2006년 춘계 학술대회논문집*, 54-58, 2006.
- 유지형, 호텔종사자들의 근골격계 증상완화를 위한 운동프로그램의 효과, *산업간호학회지*, 17(2), 138-145, 2008.
- 윤성용, 우극현, 김진석, 유재영, 최태성, 하봉구, 장용석, 조성용, 중소기업 사업장의 작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 참여형 개선기법 (PAOT) 적용사례, *대한산업의학회지*, 17(3), 249-258, 2005.
- 이윤근, 한인임, 타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리프로그램 적용효과, *한국산업위생학회지*, 19(1), 51-62, 2009.
- 장성록, 김동준, 박주용, 김진우, 근골격계 부담작업개선에 따른 경제적 효과 분석, *대한인간공학회 2007 추계 학술대회*, 120-125, 2007.
- 정기효, 이상기, 권오채, 유희천, 김대성, 근골격계질환 예방관리 프로그램에 대한 구조 분석 및 실무자 요구 사항 조사, *대한인간공학회지*, 24(3), 35-41, 2005.
- 정민예, 양노열, 유인규, 고상백, 이경숙, 김경란, 김효철, 일 지역 농업인의 근력강화운동이 정신사회 및 신체적 건강수준에 미치는 영향, *대한산업의학회지*, 20(4), 343-350, 2008.
- 정유선, 김현욱, 치위생과 학생의 치면세마 실습시 근골격계질환 예방교육 프로그램 실시 후 자세 변화의 영향, *한국산업위생학회지*, 18(2), 141-148, 2008.
- 정은희, 구정완, 이종은, 김순례, 정혜선, 우극현, 일개 병원에서의 참여형 개선 활동 기법 (PAOT) 적용 후의 평가 비교, *대한인간공학회 2006년 춘계 학술대회논문집*, 139-142, 2006.
- 진창원, 조성계, 홍혜정, 홍윤희, 시각장애인 안마사의 치료적 안마 수기요법이 작업관련성 근골격계 통증과 피로 자가증상에 미치는 영향, *직업재활연구*, 19(2), 35-50, 2009.
- 최인석, 정병용, 근골격계질환 관련 유해요인조사자의 직무교육에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 27(4), 65-71, 2008.
- 표연, 정병용, 조선회사 인간공학 프로그램의 운용사례, *대한인간공학회지*, 26(3), 45-52, 2007.
- 한국산업안전공단, *업무 특성에 적합한 근골격계질환 예방관리 모델 개발: 근골격계질환 예방관리 실무지침서 개발*. 2005.

저자 소개

정 병 용 byjeong@hansung.ac.kr

한국과학기술원 산업공학과 공학박사

현 재: 한성대학교 산업경영공학과 교수

관심분야: 인간공학, 근골격계질환 예방, 안전경영

논문접수일 (Date Received) : 2010년 07월 08일

논문수정일 (Date Revised) : 2010년 07월 12일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 18일