

Work sampling 기법을 이용한 자동차부품공장 근로자의 근골격계질환 위험수준 분석

장영숙, 이택영, 박소연
한서대학교 작업치료학과

국문초록

목적 : 본 연구는 work sampling 기법과 단면분석법을 이용하여 제조업 종사 근로자의 근골격계질환 노출 위험 수준을 알아보고자 하였다.

연구방법 : 이를 위해 자동차부품 제조업 종사 근로자 29명의 근골격계질환 증상을 자기기입식 설문지로 조사하여, 그 정도를 기준1(KOSHA), 기준2(NIOSH), 기준3(인천대노동과학연구소)으로 구분하였다. 그리고 개별 근로자의 작업과정을 고성능카메라로 촬영한 후 OWAS, RULA, REBA를 사용하여 work sampling 기법(1초당 1컷)과 단면분석법으로 근골격계질환 위험수준을 분석하였다.

결과 : 신체부위 중 1부위 이상 통증이 있다고 호소한 근로자는 기준1 24명(82.8%), 기준2 22명(75.9%), 그리고 기준3 19명(65.5%)이었다. 인간공학적 측정도구를 이용한 근골격계질환 노출위험수준은 OWAS는 단면분석-조치단계 4(근골격계에 매우 심한 해를 끼침), work sampling-조치단계 2(근골격계에 약간의 해를 끼침)인 근로자가 3명이었다. 또, RULA는 단면분석-조치단계 4(정밀조사와 즉각적인 개선필요), work sampling-조치단계 3(계속적 관찰과 빠른 작업개선 요함)인 근로자가 2명이었고, REBA에서는 단면분석-조치단계 3(위험 높음), work sampling-조치단계 2(위험 보통)인 근로자가 3명으로 분석되었다. 단면분석과 work sampling 기법에서 고위험군과 저위험군의 일치도는 OWAS Kappa=.4423, RULA Kappa=.4938, 그리고 REBA Kappa=.5193이었다.

결론 : Work sampling 기법을 이용하여 근로자의 근골격계질환 노출위험수준을 객관적으로 분석할 수 있었으며, 결과를 토대로 근로자 작업환경의 개선이 우선적으로 필요한 작업자를 선정하는데 신뢰할만한 방법임이 확인되었다.

주제어 : 근골격계질환, 인간공학, OWAS, REBA, RULA, Work sampling

I. 서 론

작업치료의 기본 목표는 생산적인 삶을 위해 자신과 다른 사람들에게 중요한 임무와 역할을 만족스럽게 수행하고, 자신을 관리하여 환경에 적응할 수 있도록 클라이언트의 능력을 강화시키는 것이다(Jacobs, 2008). 작업치료 임상적 틀(occupational therapy practice framework)에서도 직업(work)을 작업치료 수행의 한 영역으로 제시

하고 있으며, 여기서 직업이란 보수가 주어지는 일뿐만 아니라 스스로 하는 일에서 요구되는 활동까지도 포함한다(American Occupational Therapy Association, 2002). 인간작업모델(Model of Human Occupation: MOHO)에 의하면, 근로자의 작업행동(work behavior)은 개인의 의지, 습관, 수행 그리고 환경(물리적, 사회적)이라는 네 가지 요소의 영향을 받으며 어떤 근로자의 작업 능력이나 잠재력을 이해하기 위해서는 이 네 가지 요소

가 어떻게 상호작용하는지 파악하는 것이 중요하다고 설명한다(Kielhofner et al., 1999). 이 중 환경적 요소는 사회적 차원과 물리적 차원으로 나뉘는데, 사회적 차원은 직업의 형태와 사회적 집단을 포함하고 물리적 차원은 작업 공간 및 도구 등을 포함한다. 모든 작업은 항상 물리적, 사회적 환경 내에 존재하고 영향을 받으며 이러한 환경에 의해 의미가 부여된다. 그러므로 근로자의 개인적 요인을 평가할 때 개인이 속한 물리적·사회적 환경을 고려하여 개인의 능력을 평가하는 것이 중요하다(Smith, Kielhofner, & Watts, 1986). 다양한 작업치료 분야 중에서 작업치료 관점에서 인간공학적 방법을 활용하여 작업장의 체계 설계, 기구 및 도구의 설계를 통하여 상해를 예방하고 업무에서 최상의 능력을 발휘할 수 있도록 개선하는 분야를 작업인간공학(occupational ergonomics)이라 한다(Shaw & Strong, 2008). 이런 전문분야에 종사하는 작업치료사는 근골격계질환이 발생한 근로자와 작업환경의 문제를 평가하고, 환경적 위험요소를 개선할 수 있는 전문적인 지식과 경험이 필요하다.

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(Hagberg et al., 1995). 이러한 근골격계질환의 유발요인은 크게 작업요인, 개인적 요인, 사회·심리적 요인으로 구분된다. 먼저 작업요인은 무거운 작업 대상물 취급, 부적절한 작업자세, 반복적인 작업, 무리한 근력의 동원, 정적인 근력의 장시간 동원, 진동, 저온 작업장, 휴식시간의 부족 등이다. 개인적 요인은 연령, 신체조건, 성별, 과거병력, 작업경력, 작업습관, 운동 및 취미활동 등이 있으며, 사회·심리적 요인으로는 작업 만족도, 근무 조건 만족도, 작업의 자율적 조절과 관련된 요소, 동료들과의 인간관계, 업무스트레스 등이 알려져 있다(Lin & Radwin, 1997; 1998).

우리나라의 근골격계질환 발생현황을 보면, 2003년 4,532명에서 2005년 2,901명으로 감소하였다가 다시 2007년에는 전년대비 24% 증가한 7,723명으로 급격한 증가 추세를 나타내고 있다(노동부, 2008a). 2007년의 통계는 하루에 21명이 근골격계질환이 발생한 수치에 해당되며, 전체 업무상 질병자의 67.3%를 차지하고 있다. 미국의

경우, 2006년 발생한 근골격계질환은 357,160건으로 이는 전체 직업병 발생비율의 30.2%에 해당하며, 150~200억 불의 보상비용을 포함하여 연간 450~540억불 이상의 손실이 발생하는 것으로 알려져 있다(Occupational Safety and Health Administration : OSHA, 2006). 유럽의 경우 2007년도 조사에 따르면 27개 유럽국가 근로자 25%는 요통이 있고, 23%는 근육통이 있는 것으로 나타났는데, 이러한 근골격계질환은 결근의 가장 큰 원인이며 전체 산재비용의 40%를 차지하고, 이는 국민총생산(GDP)의 1.6%에 해당하였다(European Agency for Safety and Health at Work : EASHW, 2007).

그러므로 근골격계질환으로부터 근로자들을 보호하고 이로 인해 발생하는 경제적·사회적 손실을 막기 위하여 작업환경의 위험성을 사전에 파악하여 이를 인간공학적으로 개선하여 질환의 발생을 예방하는 것이 무엇보다 중요하다. 이러한 인식에서 우리나라에서도 2004년 처음으로 근골격계 부담 작업에 대한 유해요인 조사가 실시되었고, 근골격계질환 예방을 사업주의 의무로 규정하도록 산업안전보건법이 개정되었다(노동부, 2007). 특히 근골격계 부담 작업에 근로자를 종사하도록 하는 경우에는 3년마다 유해요인조사를 실시하도록 하였다(노동부, 2008b). 이러한 사업장 유해요인조사는 근로자의 근골격계질환 노출 위험수준을 객관적이고 과학적으로 분석하여 근골격계질환을 예방하는데 기초자료를 제공한다.

국내에서도 근골격계질환과 관련된 연구는 많았지만, 대부분이 근로자들의 직업성 요통 유병률 및 위험요인(김대환 등, 1993; 임현술, 박주태와 배성한, 1997; 임현술 등, 1999)을 조사한 연구이거나 산재보험 자료를 분석한 연구들(고덕기, 유송희, 송재석, 원종욱과 노재훈, 1998; 안연순, 최용휴, 강성규와 정호근, 2002; 정원미, 2002)이었다. 국내에서 근로자의 근골격계질환과 실제 작업과의 연관성을 다룬 연구는 근로자의 작업자세에 관한 연구(이종원, 2008)나 인간공학 평가도구 선정문제(곽원택, 2006; 기도형과 박기현, 2004), 그리고 근골격계질환 위험요인을 정량적으로 평가 및 관리하기 위한 점검표 개발 연구(이윤근, 2001)에 불과할 정도로 부족한 실정이다. 국외에서는 작업자세와 외부하중에 따른 역학적 연구(Moore & Garg, 1995; Snook & Ciriello, 1991; Waters, Anderson, Garg, & Fine, 1993) 등이 수행된 바 있다.

이에 본 연구는 work sampling 기법과 단면분석법을

이용하여 근골격계질환 발생위험이 높은 중소 제조업 근로자의 근골격계질환 노출 위험수준을 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구는 충남 지역에 위치한 중소규모 자동차부품 제조업체인 G사에서 근무하고 있는 근로자 29명을 대상으로 하였다. 연구 대상자는 남성 6명(20.7%), 여성 23명(79.3%)으로 여성이 더 많았다. 그리고 전체 근로자 중 외국인 근로자는 3명(10.3%)이었다. 연령은 40~50대가 14명(48.3%)으로 가장 많고, 대부분의 근로자가(93.1%) 기혼이고, 근무경력은 1~10년이 20명(69.0%)으로 가장 많았다. 대상자 모두 일일 평균 작업시간이 10시간이며, 휴식시간은 오전 20분과 오후 20분으로 하루 2회 총 40분이다. 교대근무자는 5명(17.2%)으로 조사되었으며, 대상자 29명에게는 본 연구의 목적과 절차 등을 설명한 후 참여 승낙과 사진 촬영 및 연구 자료의 사용에 대한 동

의를 얻었다(표 1).

2. 연구 과정

연구를 위해 2008년 2월 22일부터 10주간 자료조사를 실시하였다. 먼저 원활한 실험과 신뢰성 있는 자료를 얻기 위하여 3차례의 사전 교육 및 회의를 진행하였다. 그리고 연구대상 근로자 29명에게 설문조사를 실시한 후 작업과정을 사업장 여건을 고려하여 4회에 걸쳐 촬영하였다. 자료 조사에는 연구책임자 1명, 고성능카메라 촬영 1명, 디지털 캠코더 촬영 1명 및 현장관리감독자 1명, 총 4명이 참여하였다.

3. 측정 도구

(1) 근골격계증상 조사 설문지

근로자들의 근골격계증상은 한국산업안전공단(2002)이 개발한 근골격계증상 조사 설문지를 사용하였다. 이 설문지는 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평

표 1. 대상자들의 일반적 특성 (N=29)

일반적 특성		인원(명)	백분율(%)
성별	남	6	20.7
	여	23	79.3
국적	내국인	26	89.7
	외국인	3	10.3
연령	30~40세 미만	6	20.7
	40~50세 미만	14	48.3
	50세 이상	9	31.0
결혼유무	미혼	2	6.9
	기혼	27	93.1
근무경력	1년 미만	9	31.0
	1년~10년 미만	20	69.0
작업시간	10시간	29	100.0
휴식시간	30분~1시간 미만	29	100.0
2교대근무	작업 있음	5	17.2
	작업 없음	24	82.8

가지침(Korea Occupational Safety & Health Agency(이하 KOSHA) CODE H-28-2002)에 포함된 것이다. 설문은 근로자들의 근골격계통증 발생부위 및 발생빈도를 묻는 항목들로 구성되어 있으며, 근로자들이 자기기입식으로 작성하였다.

(2) 근골격계증상의 분류 기준

근골격계증상 조사 자료에 기초하여 대상자들의 근골격계질환 통증 수준을 분류하였다. 근로자들이 자각하는 통증을 구분하는 것은 근골격계질환 관리에서 중요한 부분이나, 기준이 기관에 따라 차이가 있어 신뢰성이 높은 3가지 기준으로 분류하였다. 기준 1은 한국산업안전공단(2002)이 제시한 바와 같이 근골격계 자각통증이 있는 경우로 하였다. 기준 2는 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, 이하 : NIOSH, 1990)이 정한 증상자 분류기준에 따라 증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 혹은 지난 1년간 1개월에 1번 이상 증상이 발생하는 경우로 하였다. 그리고 기준 3은 인천대 노동과학연구소에서 제시한 것으로(김철홍, 권영준, 백승렬과 손경일, 2004), ① 증상이 1일 이상 지속되고, 지난 1년간 1주일에 1회 이상 증상이 발생하며, 증상의 정도는 '중간 통증'인 경우, 또는 ② 증상이 1일 이상 지속되고, 지난 1년 중 2달 이상에 1회 정도 이상의 증상이 발생하며, 증상의 정도는 '심한 통증 이상'인 경우, 또는 ③ 지속기간에 상관없이 지난 1년간 1주일에 1회 이상의 증상이 발생하며, 증상의 정도는 '심한 통증'인 경우로 하였다.

(3) 작업자세 측정도구

근로자 작업자세는 초당 3컷을 촬영할 수 있는 고성능카메라(Canon 5D, 일본, 2006)를 사용해 촬영하였다. 그리고 동시에 작업과정을 디지털 캠코더(SAMSUNG VM-A930, 한국, 2003)로 촬영하여 자료를 보완하였다. 이렇게 촬영된 근로자 29명의 작업을 work sampling 기법을 이용하여 반복적인 작업의 근골격계질환 노출위험 수준 측정에 활용하였다.

(4) 인간공학적 측정도구

- ① Ovako Working-posture Analysis System(OWAS)
OWAS는 철강업에서 근로자들의 부적절한 작업자

세를 정의하고 평가하기 위해 개발한 대표적인 작업자세 평가방법이다(Karhu, Kansil, & Kuorinka, 1977). 이 방법은 대표적인 작업을 비디오로 촬영하여, 신체부위별로 정의된 자세기준에 따라 자세를 기록해 코드화하여 분석하는 기법이다. OWAS는 대표적인 관찰적 작업자세 평가기법의 하나로, 현장에서 손쉽게 적용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 작업자세를 너무 단순화하기 때문에 세밀한 분석이 어렵고, 작업자세의 특성에 대한 정성적인 분석만 가능하다는 단점이 있다(Brujin & Jvan, 1998; Karhu, Harkonen, Sorvali, & Vepsäläinen, 1981). 평가는 허리, 팔, 다리 및 하중에 대한 신체부위별 근로자세 및 자세코드를 체크하여 AC(Action Category)값을 구하고, 근골격계에 미치는 영향에 따라 위험수준을 다음과 같이 분류한다(표 2).

② Rapid Upper Limb Assessment(RULA)

RULA는 McAtamney와 Corlett(1993)가 근골격계질환 위험인자에 대한 개별 근로자의 노출정도를 평가할 목적으로 개발하였다. RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지에 초점을 맞추어서 작업 자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가할 수 있다는 장점이 있다. 평가는 그룹 A, B로 나누어 평가하는데, 그룹 A는 팔, 손목, 근육사용 및 무게를 점수화하고, 그룹 B는 목, 몸통, 다리, 근육사용 및 무게 점수를 평가한다. 그룹 A, B의 평가점수에 따라 위험수준을 결정한다(표 3).

③ Rapid Entire Body Assessment(REBA)

REBA는 Hignett와 McAtamney(2000)가 근골격계질환 위험인자에 대한 개별 근로자의 노출위험수준 평가를 위해 개발하였다. 평가절차는 A, B그룹으로 나누어 평가하며, A 그룹은 몸통, 목, 다리, 무게 점수로, B 그룹은 위팔, 아래팔, 손목 및 손잡이 점수로 평가된다. A, B그룹 점수를 이용하여 전체적인 작업부하 수준을 구할 수 있다. 여기에 정적, 반복성, 작업공간 및 불안정한 하체 근로자세 등을 고려한 행동점수를 첨가하여 최종 점수를 구한다(표 4).

표 2. OWAS의 근골격계질환 위험수준

점 수	위험수준	조 치 사 항
1	1	· 근골격계에 특별한 해를 끼치지 않음 · 근로 자세에 아무런 조치도 필요치 않음
2	2	· 근골격계에 약간의 해를 끼침 · 가까운 시일 내에 근로자세의 교정이 필요함
3	3	· 근골격계에 직접적인 해를 끼침 · 가능한 빨리 근로 자세를 교정해야 함
4	4	· 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침 · 즉각적인 근로자세의 교정이 필요함

표 3. RULA의 근골격계질환 위험수준

점 수	위험수준	조 치 사 항
1~2	1	· 수용 가능한 작업
3~4	2	· 계속 추적 관찰 요함
5~6	3	· 계속적 관찰과 빠른 작업개선 요함
7점 이상	4	· 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구됨

표 4. REBA 근골격계질환 위험수준

점 수	위험수준	조 치 사 항
1	0	· 무시해도 좋음 · 필요 없음
2~3	1	· 낮음 · 필요할지도 모름
4~7	2	· 보통 · 필요함
8~10	3	· 높음 · 곧 필요함
11~15	4	· 매우 높음 · 지금 즉시 필요함

4. Work sampling 기법과 단면분석법

Work sampling 기법이란 통계적인 샘플링 방법을 이용하여 근로자의 활동, 기계의 활동, 물건의 시간적 추이 등의 상황을 통계적, 계수적으로 파악하는 작업측정의 한 수단이다(이진식, 1996). 또한, 관측방법이 간단하고, 근로자가 의식적으로 행동하는 일이 적어 결과 신뢰도가 높다는 장점이 있다. Work sampling 기법은 사업장에서 의 동작분석, 표준작업시간, 여유율, 가동률 산정 및 업

무개선과 정원 설정 등에 자주 활용되는 방법이다.

단면분석법은 인간공학 평가도구(OWAS, RULA, & REBA)을 이용하는 일반적인 방법으로, 근로자의 작업과 정에서 극단적인 자세만으로 측정하는 방법이다. 그 때문에 작업자세 전체를 대표하지 못하는 한계를 가지고 있다. 근골격계질환은 불편한 작업자세에서의 반복 작업이 큰 영향을 미치는 질환이므로 근로시간에 대한 빈도 및 비율을 정확히 반영하기 위해 단면분석(최대값)보다는 work sampling 기법(최빈값)을 사용하는 것이 더 적

절하다(이종원, 2008). 이러한 이유로, 본 연구에서는 work sampling 기법으로 얻은 최빈값과 단면분석법을 대표하는 최대값을 사용하였다.

5. 분석 방법

근로자들의 근골격계증상 설문 조사 내용은 설문항목별, 신체부위별 현황을 기술통계로 분석한다. 촬영된 작업과정을 work sampling 기법(초당 1컷 샘플링)으로 추출한 후, 인간공학 평가도구인 OWAS, RULA, REBA를 이용하여 각각에 대해 평가하였다. 그리고 1초 단위로 샘플링 한 1,199컷의 자료에 대해 평균값(mean), 최대값(maximum), 최빈값(mode) 및 중위수(median)를 통계처리 하였다. work sampling 기법과 단면분석법에서 근골격계질환 고위험군과 저위험군의 일치도를 알아보기 위하여 Cohen의 Kappa 검정을 실시하였다. 통계분석은 SPSS 10.0 프로그램을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 근골격계 자각통증 호소율

신체부위 중 통증이 있다고 응답한 근로자를 기준 1, 기준 2, 그리고 기준 3으로 분류하였다. 먼저, 기준 1(KOSHA 기준)로 볼 때, 손/손목/손가락 통증이 있는 근로자가 22명(75.9%)으로 가장 많고, 어깨 통증이 21명(72.4%)으로 두 번째로 많았다. 기준 2로(NIOSH 기준) 볼 때도, 손/손목/손가락과 어깨 통증을 호소하는 비율이 각각 20명(69.0%)으로 동일하게 높았다. 기준 3(인천대 노동과학연구소)에서도, 손/손목/손가락 통증이 18명(62.1%)으로 가장 많고, 그 다음으로 어깨 통증이 17명(58.6%)으로 많았다. 조사된 6개 신체부위 중 1부위 이상 통증이 있는 근로자는 기준 1은 24명(82.8%), 기준 2는 22명(75.9%), 그리고 기준 3은 19명(65.5%)으로 나타났다(표 5).

2. Work sampling 기법과 단면분석법 이용한 근골격계질환 노출위험수준

인간공학 평가도구인 OWAS, RULA와 REBA를 이용

하여 분석한 근로자들의 작업으로 인한 근골격계질환 노출위험수준은 평균값, 최대값, 최빈값 및 위험수준값으로 나타내었다(표6). 각각의 평가도구에 대해서 실제 측정된 평가값과 그에 따른 위험수준값을 함께 표기하였다.

OWAS 분석결과, 최대값(단면분석)의 위험수준이 4이면서 최빈값(work sampling)의 위험수준이 2 이상으로 나타나 작업개선이 필요하다고 판단되는 근로자는 3명이었다. RULA 분석결과, 최대값의 위험수준이 4이면서 최빈값의 위험수준이 3이상인 근로자는 2명으로 나타났다. 그리고 REBA 분석결과, 최대값의 위험수준이 3이면서 최빈값의 위험수준이 2이상인 근로자가 3명으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하면, 3가지 인간공학 평가도구 중 2개에서 최대값과 최빈값의 위험수준이 모두 높아 우선적으로 작업개선의 필요성이 제기되는 근로자는 JB-02와 SP-01로 나타났다(표 6).

연구대상자의 근골격계 자각통증 호소율(기준 1, 2, 3)과 OWAS, RULA, REBA 각각의 위험수준을 종합적으로 정리하였다(표7). 표에서 제시된 바와 같이, 근로자 18명은 통증 분류기준 1, 2, 3 에 모두 해당되어 작업개선이 요구된다. work sampling 기법을 이용해 분석한 최빈값의 위험수준은 OWAS의 경우 위험수준 2인 근로자가 15명, RULA의 경우 위험수준 3인 근로자가 2명, 그리고 REBA의 경우 위험수준 2인 근로자는 7명으로 나타나 평가도구에 따라 위험수준에 차이를 보였다.

3. 근골격계질환 고위험군과 저위험군의 평가 도구별 Kappa 일치도

근골격계질환 발생 고위험군과 저위험군은 OWAS, RULA와 REBA의 분석결과 중에서 중위수를 기준으로 나누었다(이종원, 2008). 그리고 분석기법과 인간공학 평가도구와의 일치도를 Cohen의 Kappa 검정으로 알아보았다(이충휘, 2007). work sampling 기법과 단면분석법으로 나눈 고위험군과 저위험군의 일치도는 OWAS에서 Kappa=.4423, RULA는 Kappa=.4938, 그리고 REBA는 Kappa=.5193로 나타났다(표 8). Landis와 Koch(1977)에 의하면 .4<K≤.6 Kappa 값은 양호한(moderate) 수준이므로, 인간공학 평가도구의 측정결과를 중위수를 이용하여 고위험군과 저위험군으로 구분하는 것은 의미가 있다고 볼 수 있다.

표 5. 대상 근로자들의 신체부위별 통증호소율

(N=29)

신체부위	기준1	기준2	기준3
목	14명(48.3%)	14명(48.3%)	12명(41.4%)
어깨	21명(72.4%)	20명(69.0%)	17명(58.6%)
팔/팔꿈치	19명(65.5%)	17명(58.6%)	15명(51.7%)
손/손목/손가락	22명(75.9%)	20명(69.0%)	18명(62.1%)
허리	14명(48.3%)	14명(48.3%)	12명(41.4%)
다리/발	12명(41.4%)	12명(41.4%)	11명(37.9%)
1부위 이상	24명(82.8%)	22명(75.9%)	19명(65.5%)

* 기준 1 : KOSHA 기준 2 : NIOSH 기준 3 : 인천대 노동과학연구소

표 6. 평가도구별 평균값, 최대값, 최빈값 및 위험수준

(평가값/위험수준)

근로자 구분	OWAS			RULA			REBA		
	평균값	최대값	최빈값	평균값	최대값	최빈값	평균값	최대값	최빈값
JB-01	1.6	4/4	1/1	3.8	7/4	2/1	2.8	9/3	3/1
JB-02*	1.5	4/4	1/1	5.5	7/4	6/3	3.8	8/3	4/2
JB-03	1.5	2/2	2/2	3.6	6/3	3/2	2.2	4/2	2/1
JB-04	1.2	1/1	1/1	3.4	6/3	2/1	1.7	3/1	1/0
JB-05	1.3	1/1	1/1	3.5	6/3	2/1	1.9	5/2	3/1
JB-06	1.9	2/2	2/2	3.7	5/3	2/1	2.6	4/2	3/1
JB-07	1.6	2/2	2/2	4.2	6/3	4/2	2.7	4/2	4/2
JB-08	1.6	2/2	2/2	4.5	6/3	4/2	3.2	6/2	4/2
SA-01	2.4	4/4	2/2	3.9	6/3	3/2	3.0	6/2	3/1
SA-02	1.4	1/1	1/1	3.2	5/3	2/1	2.1	4/2	1/0
SA-03	1.1	1/1	1/1	3.4	5/3	2/1	1.3	3/1	3/1
SA-04	1.5	1/1	2/2	4.1	6/3	3/2	3.0	3/1	4/2
SA-05	2.0	2/2	1/1	3.6	5/3	2/1	2.4	3/1	2/1
SA-06	1.6	4/4	2/2	4.1	7/4	4/2	3.0	8/3	3/1
SP-01*	1.8	4/4	2/2	4.4	7/4	3/2	3.7	8/3	4/2
SP-02	1.4	1/1	1/1	3.2	6/3	2/1	1.8	3/1	1/0
SP-03	1.7	1/1	2/2	3.9	5/3	2/1	3.2	3/1	2/1
SP-04	1.2	1/1	1/1	3.0	7/4	3/2	1.6	4/2	3/1
SP-05	1.3	4/4	1/1	3.4	6/3	2/1	2.2	3/1	1/0
SP-06	1.7	2/2	2/2	4.0	6/3	3/2	3.2	8/3	4/2
SP-07	1.9	2/2	2/2	4.1	7/4	4/2	3.2	5/2	3/1
SP-08	1.8	2/2	2/2	4.4	7/4	5/3	3.3	4/2	4/2
SP-09	1.5	2/2	1/1	3.9	7/4	3/2	2.5	8/3	3/1
CH-01	1.4	4/4	1/1	3.4	4/2	2/1	2.3	6/2	3/1
CH-02	1.9	2/2	2/2	4.1	6/3	4/2	3.4	6/2	2/1
CH-03	1.6	2/2	2/2	3.6	5/3	3/2	2.6	4/2	3/1
CH-04	1.8	2/2	2/2	4.3	7/4	4/2	2.9	8/3	3/1
CH-05	1.4	1/1	1/1	3.1	4/2	2/1	1.9	4/2	2/1
CH-06	1.2	1/1	1/1	3.0	6/3	2/1	1.8	3/1	1/0
전체	1.6	2.1/2.1	1.5/1.5	3.8	6.0/3.2	2.9/1.6	2.6	5.1/2.0	2.7/1.1

표 7. 개별 근로자의 근골격계 자각통증 분류와 최빈값의 위험수준

(N=29)

근로자 구분	작업명	기준1	기준2	기준3	최빈값의 위험수준		
					OWAS	RULA	REBA
JB-01	압착성형	○	○	○	1	1	1
JB-02	200TON 피어싱	○	○	×	1	3	2
JB-03	진동용착	○	○	×	2	2	1
JB-04	다듬질	○	○	○	1	1	0
JB-05	패드부1, 2, 3 부착	○	○	○	1	1	1
JB-06	차일앵커조립	○	○	○	2	1	1
JB-07	램프 및 스피커그릴 조립	○	○	○	2	2	2
JB-08	최종검사	×	×	×	2	2	2
SA-01	압착성형	○	○	○	2	2	1
SA-02	피어싱	○	○	×	1	1	0
SA-03	Burr제거	○	○	○	1	1	1
SA-04	힌지브라켓 조립	○	○	○	2	2	2
SA-05	케이블조립	○	×	○	1	1	1
SA-06	최종검사	○	○	○	2	2	1
SP-01	압착성형	○	○	×	2	2	2
SP-02	트리밍	×	×	×	1	1	0
SP-03	Burr제거	○	×	×	2	1	1
SP-04	어퍼가니쉬용착	○	○	○	1	2	1
SP-05	본드스프레이	○	○	○	1	1	0
SP-06	브라켓용착	○	○	○	2	2	2
SP-07	포켓조립	×	×	×	2	2	1
SP-08	웨자스트립 조립	○	○	○	2	3	2
SP-09	최종검사	○	○	○	1	2	1
CH-01	진공압착	○	○	○	1	1	1
CH-02	1차감사기	○	○	○	2	2	1
CH-03	2차감사기	○	○	○	2	2	1
CH-04	3차감사기	×	×	×	2	2	1
CH-05	스피커링 조립	○	○	○	1	1	1
CH-06	최종검사	×	×	×	1	1	0
계	29개 작업	24명	22명	19명			

* ○ : 해당자 × : 해당무

* 기준1 : KOSHA 기준2 : NIOSH 기준3 : 인천대 노동과학연구소

구 분		단면분석					
		OWAS		RULA		REBA	
		고위험군	저위험군	고위험군	저위험군	고위험군	저위험군
work sampling	고위험군	13(44.8)	2 (6.9)	15(51.7)	1 (3.4)	17(58.6)	2 (6.9)
	저위험군	6(20.7)	8(27.6)	6(20.7)	7(24.1)	4(13.8)	6(20.7)
		Kappa=.4423		Kappa=.4938		Kappa=.5193	

IV. 고 찰

본 연구는 work sampling 기법과 단면분석법을 이용하여 근골격계질환 발생위험이 높은 중소 제조업 근로자의 근골격계질환 노출 위험수준을 알아보고자 하였다. 이를 위해 근로자의 자각 통증수준을 조사하고 인간공학 평가도구(OWAS, RULA, & REBA)로 근골격계질환 노출 위험수준을 측정하였다.

먼저 근로자의 근골격계 자각통증 호소율을 분석한 결과, 기준 1, 2, 3에서 모두 손/손목/손가락의 통증이 가장 많고, 다음으로 어깨, 팔/팔꿈치, 목과 허리, 다리/발순이었다. 이 처럼 근로자들이 손, 팔, 어깨 등의 상지 통증을 주로 호소하는 이유는 자동차 부품 내장재 생산 작업이 주로 상지를 반복 사용하는 작업이기 때문으로 볼 수 있다. 또한, 신체 6부위 중 1부위 이상 통증이 있다고 응답한 근로자는 기준 1이 24명(82.8%), 기준 2는 22명(75.9%), 기준 3은 19명(65.5%)으로 나타나 대부분의 근로자들이 여러 신체부위에서 통증을 느끼는 것을 알 수 있다. 위에서 언급된 1부위 이상 통증의 비율을 NIOSH 기준으로 비교하면, 본 연구에서는 75.9%(기준 2)로 나타났다. 이는 이종원(2008)의 연구(60.3%)에서 보다는 약간 높고, 이윤근(2001)의 연구(71.4%)와는 비슷한 수준이었다.

다음으로, 본 연구에서는 근골격계질환 노출위험수준 측정에 가장 널리 사용되는 OWAS, RULA, 그리고 REBA를 사용하였다. 이 3종의 인간공학 평가도구는 산업현장에서 비교적 손쉽게 근골격계질환 발생의 위험성을 측정할 수 있도록 개발된 도구이다. 이러한 장점 때문에 산업현장에서 근골격계질환 발생위험 조사에 흔히 사용되고 있다. 그러나 아직 국내에서는 작업치료사가

이런 인간공학 측정도구를 사용하는 사례가 거의 없는 실정이다. 하지만, 미국 보스턴 대학 작업치료학과 교수인 Karen Jacobs(2008)의 「Ergonomics for Therapists」(3rd. ed.), 4장-Ergonomics and work assessments에는 작업치료사가 이러한 측정도구를 활용하여 작업환경을 개선하는 내용을 다루고 있다. 아직 우리 현실과는 거리가 있지만, 클라이언트가 근무하는 작업환경이 안전하고 효율적으로 업무를 수행할 수 있는지 평가하고, 이에 따른 문제를 해결하는 것은 작업치료사가 담당해야할 역할임에 분명하다.

Work sampling 기법과 단면분석법을 이용하여 인간공학 평가도구의 측정결과를 분석한 결과, OWAS의 경우 최대값(단면분석)의 위험수준이 4이면서 최빈값(work sampling)의 위험수준이 2인 근로자는 SA-01(압착성형), SA-06(최종검사) 및 SP-01(압착성형) 총 3명이었다. RULA의 경우 최대값의 위험수준이 4이면서 최빈값의 위험수준이 3인 근로자는 JB-02(200톤피어싱)와 SP-08(웨스트스트립조립) 2명 이었다. 또, REBA의 경우 최대값의 위험수준이 3이면서 최빈값의 위험수준이 2인 근로자는 JB-02(200톤피어싱), SP-01(압착성형)과 SP-06(브라켓용착) 3명으로 나타났다. 이러한 분석결과는 각각의 근로자들이 담당하는 업무 중에서 작업개선이 우선적으로 필요한 근로자가 누구인지 판단할 수 있는 객관적인 근거를 제시할 수 있다는 점에서 의미가 있다.

한편, 근로자의 자각통증을 기준 1, 2, 3으로 분류한 자료와 인간공학 평가도구 분석결과를 종합해 보았다. 그 결과, 기준 1, 2, 3에 모두 해당되며 3종 평가도구에서 위험수준 3 이상인 근로자 2명은 우선적으로 의학적 상담이 필요한 경우로 판단할 수 있다. 그리고 기준 1, 2, 3 중에 한 가지 이상에 해당 되거나 3종 평가도구에서 위

협수준이 1 또는 2로 나타난 근로자 22명은 추후 관리대상으로 볼 수 있겠다.

본 연구는 일개 사업장 근로자만을 대상으로 하였기 때문에 연구의 결과를 일반화하기 어렵고, 개개인의 근로자가 자각하는 통증과 인간공학 측정도구를 이용한 근골격계질환 노출위험수준과의 관계를 밝혀 실제적으로 작업환경 개선까지는 발전시키지 못하였다.

그러나 이상의 연구결과로 볼 때, work sampling 기법을 이용한 근골격계질환 노출위험수준 평가는 작업환경 개선이 시급히 요구되는 근로자를 선별하고 관리하는 데 신뢰할만한 근거자료를 제공할 수 있는 방법임이 확인되었다. 따라서 향후에는 근골격계질환이 있는 산재근로자의 작업환경 평가에 이러한 결과를 활용하여 물리적 환경을 개선한 후 그 효과를 분석하는 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

작업치료는 클라이언트가 자신의 삶에서 자신과 다른 사람들에게 중요한 임무와 역할을 만족스럽게 수행하고, 물리적·사회적 환경에 적응할 수 있도록 능력을 향상시키도록 돕는다. 또한 작업치료사는 클라이언트가 직무를 안전하고 만족할만한 수준으로 수행할 수 있도록 지원하기 위해 그가 속한 물리적·사회적 환경을 고려하여 개인의 능력을 평가할 필요가 있다(Smith, Kielhofner, & Watts, 1986). 특히, 직업과 관련된 분야에서 활동하는 작업치료사는 근골격계질환이 발생한 근로자와 작업환경의 문제를 평가하고, 환경적 위험요소들을 개선할 수 있는 전문적인 지식과 경험이 필요하다.

이에 본 연구에서는 아직 국내 작업치료 분야에서는 생소한 인간공학 평가도구 및 방법을 이용하여 근로자의 근골격계질환 노출위험수준을 객관적으로 분석하였으며, 결과를 토대로 작업환경의 개선이 우선적으로 필요한 작업자를 선정하는데 신뢰할만한 방법임이 확인되었다. 또한 아직 이러한 시도가 미숙한 수준이기는 하지만, 향후 산업현장에서 작업치료사의 역할을 확대해 나갈 수 있는 단초가 될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- 고덕기, 유송희, 송재석, 원종욱, 노재훈. (1998). 산재의료원 일부 입원 환자들의 직장복귀 의사에 영향을 주는 요인. *대한산업의학회지*, 10, 379-387.
- 곽원택. (2006). 인간공학적 작업부하평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과의 차이. 석사학위논문, 환경대학교, 경기.
- 기도형, 박기현. (2004). 작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교. *한국안전학회지*, 23(3), 121-134.
- 김대환, 김정호, 신해림, 전진호, 김용완, 이채연. (1993). 제조업 근로자들의 작업과 연관된 요통의 위험요인에 관한 연구. *예방의학회지*, 26, 20-36.
- 김철홍, 권영준, 백승렬, 손경일. (2004). 국내 지하철 정비 사업장의 근골격계질환 실태조사에 관한 연구. *대한인간공학회지*, 23(3), 121-134.
- 노동부. (2007). *산업안전보건법*. 2008년 6월 15일 출력. <http://www.molab.go.kr>.
- 노동부. (2008). 2003-2007년 산업재해 발생현황. 2008년 5월 20일 출력. <http://www.molab.go.kr>.
- 노동부. (2008). *산업보건기준에 관한 규칙*. 2008년 6월 15일 출력. <http://www.molab.go.kr>.
- 안연순, 최용휴, 강성규, 정호근. (2002). 작업관련성 근골격계질환으로 요양 승인된 사례 분석. *대한산업의학회지*, 14, 154-168.
- 이윤근. (2001). 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발-자동차 조립공장을 중심으로-. 박사학위논문, 가톨릭대학교, 서울.
- 이종원. (2008). 인간공학적 작업 자세 평가방법의 비교연구 - 단면분석과 Worksampling의 비교. 석사학위논문, 가톨릭대학교, 서울.
- 이진식. (1996). *작업관리연구론*. 서울: 형설출판사.
- 이충휘. (2007). *물리치료사와 작업치료사를 위한 연구방법론*. 서울: 계축문화사.
- 임현술, 박주태, 배성한. (1997). 용접봉 제조 공장 근로자의 작업과 연관된 요통의 원인에 대한 조사. *동국의학*, 4, 16-25.
- 임현술, 김수근, 김덕수, 김두희, 이종민, 김양호. (1999). 철강업체와 용접봉 제조업체에 근무하는 생산직 근로자의 직업성 요통 유병률과 관련요인. *대한산업의학회지*, 11, 52-65.
- 정원미. (2002). *산업재해 근로자의 직장복귀 예측요인*.

- 박사학위논문, 가톨릭대학교, 서울.
- 한국산업안전공단(KOSHA). (2002). *작업관련 근골격계 질환의 증상 및 위험요인 평가 지침: KOSHA CODE H-28-2002*. 인천: 한국산업안전공단.
- American Occupational Therapy Association. (2002). Occupational therapy practice framework: Domain and process. *American Journal of Occupational Therapy*, 56, 609-639.
- Bruijin, J. A., & Jvan, J. W. (1998). A simple method to evaluate the reliability of QWAS observation. *Applied Ergonomics*, 29(4), 281-283.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2007). *Work-related musculoskeletal disorders: Prevention report*. Retrieved April 7, 2007, from <http://osha.europa.eu/en/campaigns/ew2007>.
- Hagberg, M., Silverstein, B., Wella, R., Smith, M. J., Hendrick, H. W., Carayon, P., et al. (1995). *Work related musculoskeletal disorders(WMSDs)*. London: Taylor & Francis.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment(REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- Jacobs, K. (2008). *Ergonomics for therapists* (3rd ed.). St. Louis, MO: Mosby.
- Karhu, O., Harkonen, R., Sorvali, P., & Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry: Example of OWAS application. *Ergonomics*, 12, 3-17.
- Karhu, O., Kansilä, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8, 199-201.
- Kielhofner, G., Braveman, B., Baron, K., Fisher, G. S., Hammel, J., & Littleton, M. (1999). The model of human occupation: Understanding the worker who is injured or disabled. *Work*, 12, 3-11.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Lin, M. L., & Radwin, R. G. (1997). A single metric for quantifying biomechanical stress in repetitive motion and exertions. *Ergonomics*, 40, 543-558.
- Lin, M. L., & Radwin, R. G. (1998). Agreement between a frequency-weighted filter for continuous biomechanical measurements of repetitive wrist flexion against a load and published psychophysical data. *Ergonomics*, 41, 459-475.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- Moore, J. S., & Garg, A. (1995). The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Journal*, 56, 443-458.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1990). *Hazard evaluation and technical assistance report*. Newsday Inc, Washington: NIOSH.
- Occupational Safety and Health Administration. (2006). *Nonfatal occupational illnesses by category of illness*. Retrieved April 15, 2007, from <http://stats.bls.gov/iif/home.htm>.
- Shaw, L., & Strong, S. (2008). A client-centered framework for therapists in ergonomics. In K. Jacobs, (Ed.), *Ergonomics for therapists* (3rd ed., pp. 17-33). St. Louis, MO: Mosby.
- Smith, N. R., Kielhofner, G., & Watts, J. H. (1986). The relationships between volition, activity pattern, and life satisfaction in the elderly. *American Journal of Occupational Therapy*, 40, 278-283.
- Snook, S. H., & Ciriello, V. M. (1991). The design of manual handling tasks: Revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 34, 1197-1213.
- Waters, T. R., Anderson, V. P., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 34, 749-776.

Abstract

Analysis of the Risk Level of Musculoskeletal Disorders for Workers at Automotive Component Factory Using Work Sampling

Jang, Young-Sook*, M.S., Lee, Taek-Young**, Ph.D., O.T.,
Park, So-Yeon**, Ph.D. O.T.

*Dept. of Occupational Therapy, Graduate School, Hanseo University

**Dept. of Occupational Therapy, Hanseo University

Objective : This study was performed in order to analyze of the risk level of musculoskeletal disorders for workers engaged in the manufacturing industry using a work sampling technique and cross-section analysis.

Methods : Using a self-entering mode questionnaire, the study was conducted to survey the musculoskeletal disorders of 29 workers at an automotive component factory. The extent of the musculoskeletal disorders of the workers was classified into basis 1(KOSHA), basis 2(NIOSH), and basis 3 (labor scientific research institute of Incheon university). And the risk levels of the musculoskeletal disorders were evaluated using OWAS, RULA, and REBA for each work posture, extracting 1 cut per 1 sec, based on the work sampling technique, after having photographed the work processes of the individual workers with a high performance camera.

Results : The number of workers who complained of pain in one or more parts of their body were 24 persons (82.8%) in basis 1, 22 persons (75.9%) in basis 2, and 19 persons (65.5%) in basis 3. As a result of having analyzed the musculoskeletal disorders, OWAS was in risk level 4 in a cross-section analysis (inflicted with severe musculoskeletal disorders), and as for the work sampling technique, the workers in risk level 2 (inflicted with milder musculoskeletal disorders) were 3 persons. Also, the workers whose work sampling of risk level had been 3 (continuous observation and fast work improvement were required) while their cross-section analysis for RULA was at risk level 4 (precision survey and immediate improvement were required) were 2 persons, while in REBA, the workers whose work sampling risk level was 2 (risk was normal) while their cross-section analysis risk levels were 3 (risk was high) were analyzed as 3 persons. The consistencies of the work sampling and cross-section analysis in the high-risk group and the low-risk group are as follows; OWAS (Kappa=.4423), RULA (Kappa=.4938), and REBA (Kappa=.5193).

Conclusion : The results showed that the work sampling technique has been confirmed as the method to analyze risk level of musculoskeletal disorders of the workers. It can also be trusted in selecting the workers who require improvement of their work environment.

Key Words : Ergonomics, Musculoskeletal disorders, OWAS, REBA, RULA, Work sampling