Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 4 pp. 479-486, August 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.4.479

자동차 관련 업종에서의 근골격계질환 예방과 관리

임현교 · 나미령 · 김동균 · 김홍영

충북대학교 공과대학 안전공학과

Prevention and Management of Musculoskeletal Disorders in Automobile-related Industries

Hyeon-Kyo Lim, Meiling Luo, Dong-Gyun Kim, Hong-Young Kim

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk, 361-763

ABSTRACT

Automobile-related industries have been a few of leading ones among domestic industries reporting high rates of musculoskeletal disorders (WMSD's). In this paper, major ergonomic aspects of automobile-related works were reviewed with reference to WMSD's. According to the result, high repeatability of works with as short as 1 minute or less, awkward postures required, excessive forces, and vibrations due to power tools were drawn out as major physical factors. To eliminate or mitigate those factors - at least in automobile-related industries - ergonomic approach has tried for more than a decade. With all, however, ergonomists still seem to confront with several problems to be solved such as development of appropriate assessment tools, enhancement of work improvement activities, system establishment for continuous prevention and management of WMSD's. As lots of previous researches declared, it was concluded that ergonomic approach would collaborate with other approaches such as ndustrial medicine considering physical factors as well as psychosocial factors, and that the necessity of an integrated Occupational Safety and Health Management System(OHSMS) was mentioned.

Keywords: Automobile-manufacturing, WMSD, psychosocial factors, Occupational Safety and Health Management System(OHSMS).

1. 서론 - 자동차 관련 업종의 근골격계질환 발생 동향

우리나라의 근골격계질환은 통신 분야의 근로자에서부터 보고되기 시작하였으나, 사실상 관계자들에게 깊은 관심을 끌게 되고 사회 문제화되기 시작한 것은 1990년대 중반 자동차 관련 산업과 중공업 분야의 집단 산재 신청 및 판정에 따른 것이었다. 집단 산재 신청은 근골격계질환이 의심되는 근로자들이 수백 명 혹은 수십 명이 동시에 산재를 신청하고 작업을 거부하는, 일종의 노동운동이었으며, 이것은 곧 컨베이어 작업에 의존하지 않을 수 없는 자동차 관련 산업의 특성상 작업 중지를 의미하는 것이었다.

그러나, 경제위기를 통하여 감축된 인원으로 지탱해 오던 생산활동이 경기회복과 아울러 작업부담의 급증으로 이어져, 2000년도 직후 근골격계질환자의 수는 모든 산업에 걸쳐 급증하였다. 특히 이 인원의 대부분을 제조업, 특히 중공업과 자동차 관련 업종이 차지하고 있다는 데 문제가 있다. 그 결과, 근골격계질환에 대한 노사 및 관계분야의 관심은 급속도로 증가하였으며, 근골격계질환의 효과적인 예방과

교신저자: 임현교
주 소: 361-763 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410, 전화: 043-261-2462, E-mail: hklim@chungbuk.ac.kr

관리는 자동차 관련 업계에 있어서 생존에 불가피한 선택이었다.

국내외 자동차 관련 업종에 대한 근골격계질환 연구는 2,000년을 전후로 본격적으로 수행되기 시작하였다. 그러나 초창기의 국내 연구들은 국내 자동차 관련업종의 근골격계질환 현황이나 심각성을 부각시키거나(김재영 등, 1999; 윤철수 등, 1999; 김일룡 등, 2001; 이윤근 등, 2001; 김창선 등, 2001), 작업자세의 분포를 파악하거나(이경태 등, 2006; 한영선 등 2008), 혹은 해당 사업장을 중심으로 공학적 개선안을 개발(나종관 등, 2005, 백승렬 등, 2007)하는 등, 대증(對症)적인 연구를 벗어나지 못하였다.

그 결과, 많은 근골격계질환 예방 활동과 연구가 있었음에도 불구하고, 자동차 관련 업계의 근골격계질환자 수는 전체 근골격계질환자 수의 약 1/3에 이르는 것으로 파악되고 있다(노동부 2004). 본 논문은, 자동차 관련업종의 근골격계질환과 관련하여 이제까지 수행되어 온 국내외 연구동향을 정리하고, 국내 생산현장의 당면 문제점을 짚어 봄으로써, 추후 국내 자동차 관련 사업장의 근골격계질환을 예방하기 위한 연구 방향을 검토하고자 한다.

2. 자동차 관련 업종의 근골격계질환 유해위험 요인

자동차 부품들을 생산하고 조립해서 한 대의 자동차를 완성하기까지, 그리고 사용 도중에 발생하는 고장을 수리하는 데에는 근골격계질환과 관련된 다양한 유해요인이 있어서, 그 대책을 찾는 것도 좀처럼 쉽지 않다. 근년 국내 자동차 조립사업장을 중심으로 수행된 대규모 연구(이경태 등, 2006)에 따르면, 자동차 관련 업종의 공정 중 98%가 노동부 고시 부담작업에 한 가지 이상 해당된다고 한다. 그만큼 자동차 관련 업종의 작업 공정은 작업자에게 많은 부담을 주고 있다는 의미인데, 그 중 대표적인 물리적 유해요인으로 학자들은 반복성, 과도한 힘, 부자연스런 자세 등을 꼽고 있다(Putz-Anderson, 1988; Silverstein 등, 1987).

다음은 대표적 유해 요인들에 관련된 자동차 관련 업종의 생산 실태와 대응 현황을 정리한 것이다.

2.1 반복성

자동차의 수요가 늘면서 많은 기업들은 부품들을 가능한 한 표준화하고 단순화시켜, 제품당 생산시간을 단축시키기 위하여 부단히 노력해 왔다. 그 결과, 근년에는 자동차 한 대당 생산시간은 1분을 밑돌고 있다. 한편, 국내의 임금체계상 생산직 사원들은 부족한 임금을 보충하기 위하여 통상 1일당 2시간 정도의 잔업을 하는 것이 보통이어서 1일 작업시간은 명목상 10시간에 이른다. 더욱이, 일부 자동차 부품의 경우에는 불과 7, 8초만에 제품 하나를 생산할 만큼 고도의 자동화가 이루어진 공정도 있다. 이에 따라, 하루에 동일한 작업을 600회 내지 3,600회에 이를 만큼 반복해야 하는 작업도 있는 것이다. 따라서, 작업은 더욱 단조로와지고 반복은 더욱 늘어나 지루한 작업이 지속되는 것을 피할 수 없다.

이러한 특성에 대하여 우려를 나타낸 연구들은 이미 많이 있었다. 단조롭고 지루한 작업이 허리와 목의 통증과 관계가 있다거나(Svenson과 Anderson, 1983; Linton, 1990; Houtman 등, 1994), 작업속도가 증가하면 수근관 증후군 등 근골격계질환과 관련이 있고(Graham, 1995), 빠르고 반복적인 업무는 휴식없이 장시간 계속하게 되면 근골격계질환의 주요 요인이 된다(Fucini와 Fucini, 1990)는 것이다.

2.2 부자연스런 자세

한 대의 자동차를 구성하기까지 소요되는 부품의 종류와 수량은 헤아릴 수 없이 많아 대략 약 40여만 개의 부품이 소요된다고 한다. 부품의 종류도, 특성도 그만큼 다양하기 때문에 그 부품들을 하나하나 조립하여 한 대의 자동차를 완성하기까지에는 상상할 수 없을 만큼의 손길이 요구되며, 그때 그때 작업자세도 다를 수밖에 없다. 그러나, 제품의 완성도가 높아질수록 작업 대상물이 거대한 자동차이기 때문에 함부로 대상물의 위치와 방향을 바꿀 수는 없다. 그만큼 작업자세가 부자연스러워져서, 작업자의 자세부담이 증가한다. 더욱이, 사고 후 수리 작업의 경우에는 전적으로 파손된 부위에 따라 작업 방법과 자세가 결정되기 때문에 작업자 스스로에 의한 자세의 선택이나 변경은 사실상 불가능하다. 결과적으로 그림 1, 2에서 보는 바와 같이 부자연스런 자세에서의 작업이 빈발하게 된다.



그림 1. 자동차 조립공정 중 부자연스런 자세의 예



그림 2. 자동차 수리공정 중 부자연스런 자세의 예

2.3 과도한 힘

자동차의 차체와 샤시는 철판과 강재로 이루어진다. 따라서, 생산 초기부터 중량물의 취급은 불가피하다. 쉬운 예로 차체에 장착되는 의자, 소음을 차단하기 위한 엔진룸의 인슐레이션, 각종 케이블이 뒤엉킨 케이블 다발, 타이어, 타이어 휠 등은 부피가 크며 중량물이다. 더욱이, 자동차 후드나 트렁크도 인력으로 반복적으로 다루기는 용이한 일이 아니다. 이들을 분당 1회씩 들어 올리거나, 밀고 당기는 일은 사실상 작업자의 혹사에 가깝다. 심지어 도장 상태가 불량인 경우나, 조립 공정 중의 버스나 트럭의 이동시 직접 인력을 이용하여 밀고 당기는 경우도 있다. 우리나라의 기업들은 많은 경우 이런 유형의 작업들을 분사(out-sourcing)하여 하청업체에 전가시키고 있어, Salminen 등(1993)이 지적한 바와 같이 영세한 업체에 고용된 근로자, 특히 비정규직 근로자들의 작업부담이 배가되고 있는 것이 현실이다.

이 외에도 자동차 문끝의 웨더스트립이나 자동차 유리, 자동차 내부의 전선 케이블, 방음효과를 높이기 위한 데드너 등을 정리하고 장착하는 작업이 모두 인력에 의존하여 힘을 써야 하는 일이다.

이와 같이 손으로 밀거나 당겨 힘을 가하는 동작이 근육, 건(tendon), 신경 및 기타 근골격계 구성요소에 여러 가지 형태의 근골격계 질환을 초래한다는 것은 여러 학자들에 의하여 주장되어 왔다(Armstrong 등, 1987; Hagberg 등, 1995; Bystr□m 등, 1995; Sande 등, 2001).

2.4 진동

볼트와 너트, 나사, 패스너(fastener) 등은 철판과 강재에 플라스틱제 고형물과 전기 코드 등을 고정시키는 데 불가피한 방법이므로, 렌치와 스크류드라이버의 사용은 자동차 조립에 필수적인 장비이다.

그 중 공기압을 이용하는 너트 러너(소위 임팩트렌치)는 강한 힘으로 장착해야 하는 경우에 주로 이용되는데, 공구의 토크와 무게로 인하여 진동과 중량에 의한 작업 부담은 손목에 고스란히 전달된다. 특히, 엔진을 엔진룸에 장착하거나, 안전벨트를 차체에 고정시키는 경우에는 토크의 크기가 49~61Nm(434~540 in-lb), 경우에 따라서는 75Nm (664 in-lb)에 달한다.

외국 회사가 제시하고 있는 기준에 따르면(Eastman Kodak, 1983), 직선형 렌치의 경우 토크의 크기가 14 in-lb, 권총형의 경우 토크의 크기가 24 in-lb를 초과할 경우, 렌치에 별도의 손잡이를 부착하여 토크로 인한 작업 부담을 경감시킬 것으로 권장하고 있으나, 우리나라의 현장에서 이런 기준이 별로 알려져 있지도 않으며, 지켜지는 일도 거의 없다. 그래서, 국내 사업장의 경우 엔진 장착과 시트벨트 장착 공정은 공구의 진동이 고스란히 손목에 전달되기 때문에 작업자들간에 기피공정으로 인식되고 있다. 국내 연구 보고(이경태 등, 2006)에 따르면, 국내 사업장의 경우 공구 진동으로 인한 부담이 하루 2시간 이상 지속되는 작업은 전체 자동차 관련 업종 작업의 16% 정도라고 한다.

한편, 조립 공정 중에 차체와 샤시에 자동차 부품을 장착하는 일은 용접을 제외하고는 모두 그림 3에서 보는 바와 같이 너트 러너(소위 임팩트렌치)나 스크류드라이버를 이용하여 이루어진다. 따라서, 작업 내내 일정 기간에 걸쳐 일정 무게의 공구를 들고 작업해야 하는데, 이 무게 또한 가볍지 않다. 전자의 무게는 2.2~3.7kg, 후자라 하더라도 1.7~2.4kg에 달한다. 자동차 관련 업종의 주된 공구인 임팩트렌치는 무게, 재질, 토크, 진동, 작업 중 소요되는 힘까지 아직 어느 하나 인간공학적으로 만족스럽다고 할 수 없다.



그림 3. 임팩트렌치를 이용한 부품의 장착 예

2.5 기타

반복성, 과도한 힘, 부자연스런 자세 등 종래의 인간공학적인 요인들은 물론 근골격계질환의 발생이 기여한다. 적어

도 이제까지 인간공학자들은 물리적인 요인에서 주요 원인을 찾아 왔지만, 그에 못지않게 다른 요인들도 영향을 미치고 있음은 부인할 수 없는 사실이다(Frederick, 1992; Faucett 등, 1994; Carayon 등, 1999; Engström 등, 1999). 미국의 국립산업안전보건연구원이 발간한 보고서(NIOSH, 1997)에도, 근골격계질환의 발생에는 직무만족도, 노동강도, 단조로움, 직무자율권, 사회적 지원의 다섯 가지 요인이 영향을 미친다고 서술되어 있다.

비록 이 중 많은 연구가 자동차와 거리가 먼 업종에 대하여 연구한 결과라 하더라도, 이와 비슷한 연구 결과는 국내에서도 확인되었다(김재영 등, 1995; 윤철수 등, 1999). 특히, 자동차 조립공장 작업자들의 경우 직무스트레스, 사회적 지원, 직무 불안정 등의 요인들이 근골격계질환 호소율에 영향을 미치며(이윤근과 박희석, 2003; 최순영 등, 2005), 자동차시트 공장 근로자들의 경우에도, 신체적, 환경적 요인보다 사회심리학적 요인이 근골격계질환의 발병에 더 큰 영향을 미친다고 하였다(이용희 등, 2006).

만약 이 주장이 맞는다면, 물리적인 신체의 작업자세에 의하여 주로 영향을 받는 반복적인 조립작업에 비하여, 자동차 정비사의 근골격계질환 경우에는 고용 형태나 직무 스트레스 등 사회심리적인 요인에 의한 영향이 더욱 클 것이라는 것은 쉽게 예측할 수 있다. 왜냐하면 정비작업은 대표적인 비정형작업이기 때문에, 시시각각 작업량과 공정흐름이 불규칙하여 물리적인 작업자세나 반복성에 의한 영향이 조립작업에 비하여 상대적으로 적을 것이기 때문이다. 그러므로, 정비사들의 경우 작업자세의 분석 결과가 근골격계질환 증상호소 특성과의 연관성은 확인되지 않았다(강진우 등, 2008)는 주장이나 직무스트레스와 손/손목의 근골격계질환 징후는 매우 유의하였다는 연구 결과(Zetterberg 등, 1997)는 지극히 당연한 것이라 할 수 있다.

그러나, 국내의 경우에는 몇몇 연구(강진우 등, 2008; 한영선 등, 2008)를 제외하고는 정비작업에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 앞으로 사회심리적인 요인과의 영향과 근골격계질환과의 연관관계를 연구할 필요가 보이는 부분이다.

3. 자동차 관련 업종의 근골격계질환 예방 관리 활동

3.1 예방활동

3.1.1 작업자의 선발과 관리

자동차 관련 업종의 근골격계질환 예방은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 작업 및 환경 요인 중에서 유해요인을 찾아내어 개선을 해 나가는 작업이고, 또 하나는 해당 작업을 수행할 수 있을 만큼 작업자들의 작업능력을 개발, 유지시키는 일이다. 전자에는 주로 인간공학적인 접근 방법이 이용되며, 후자에는 주로 산업의학적인 접근 방법이 이용된다.

근골격계질환 중에서 쉽게 주목을 받았던 요통을 예방하기 위하여, NIOSH를 비롯한 몇몇 연구자들은 배근력이 클수록 요통 예방 효과가 있다고 보고하였었다. 이 결과는 생산현장에서 신입사원을 선발하는 데 적용되어 효과를 보았다는 비공식 보고도 있었지만, 근로자들 입장에서는 부당한 선발 기준이라는 사회적 비난을 감수해야 했으므로, 일반 사업장에서는 공개적으로 확산되지 못하였다.

3.1.2 교육과 훈련

그러나, 스트레칭 체조와 건강 관리는 그 효과가 여러 학자들에 의하여 입증된 바 있으므로, 우리나라의 조선업 사업장은 물론 자동차 관련 사업장에서도 널리 도입되어 보급되고 있다. 이 방법은 작업 수행 중에 특히 부담이 큰 신체부위를 주 대상으로 하는 부서별 스트레칭 체조를 개발하여 보급한다거나, 특별히 작업 환경을 개선하기 곤란한 정비사업소 등에서 작업자의 신체 능력을 유지함으로써 근골격계질환을 예방하는 방안으로 보급되어 그 효과를 보고 있다. Kuorinka 등(1995)에 의하면, 목과 어깨의 적극적인 스트레칭 훈련은 인간공학적인 작업개선보다도 효과가 더 좋아서, 근골격계질환 예방효과가 탁월하다고 한다.

한편, 인간공학 프로그램에 기초한 훈련과 교육은 부적절한 자세와 행동을 저감시키는 데 긍정적인 효과를 갖고 있다고 널리 알려져 있어(King 등, 1997; Nussbaum과 Torres, 2001; Faucett 등, 2002; Saleem 등, 2003, Wu 등, 2009), 국내 도입도 절실하다. 하지만, 국내 자동차 사업장의 경우 필요에 따라 그 때 그 때 일과성 교육이 시행되는 반면, 지속적이고 체계적으로 장기간에 걸쳐 진행되고 있는 프로그램이 거의 없음은, 아직도 사업주가 근골격계질환의 심각성을 이해하지 못하고 있으며, 꾸준한 활동을 소홀히 하는 국민 정서에도 그 원인이 있지 않은가 한다.

3.1.3 작업의 설계 및 사전 평가

자동차 산업은 주로 컨베이어벨트를 중심으로 하는 흐름작업(flow operation)의 연속이라고 할 수 있으므로, 컨베이어벨트와 주요 기기가 설치될 설계 도면을 파악할 수 있다면 해당 기기설비를 이용하는 작업자들의 작업자세 예측은 이론상 어느 정도 가능하다. 따라서, 예상되는 작업자세가 바람직하지 않다면, 작업작들의 신체 특성에 맞추어 생산라인을 재설계할 필요가 있다.

통상 자동차 관련 사업장의 생산기술팀에 의하여 이루어지는 이 방법은 이미 오래 전부터 선진국에서 개발되어 활용되어 오고 있으며, 국내에도 일부 관련 소프트웨어들이

고가에 수입되어 활용되고 있다. 그러나, 우리나라 기업들의 생산기술팀은 아쉽게도 아직 인간공학을 충분히 활용할만한 전문적인 기술 수준에 이르지 못하여, 그 효과를 기대하기 곤란한 측면이 있다.

반면, 선진국의 기업에서는 이 부문에서 괄목할만한 성과를 이루었다. 예를 들어, 일본 토요타 자동차 회사의 경우에는 약 30여년에 걸쳐 독자적으로 개발한 시스템을 통하여 생산 라인을 설치하기 전에 작업자의 작업 자세를 평가하고, 근골격계질환의 우려가 있는 작업을 설계를 변경한다고 알려져 있으며, GM의 경우에도 유사한 인간공학 프로그램을 활용하고 있다고 한다.

3.2 사후관리

3.2.1 조기보고 시스템의 운영

근골격계질환을 예방함에 있어, 질환 징후의 조기 발견은 이미 여러 연구에서 매우 중요하다고 지적된 바 있다. 그러나, 수많은 근로자들의 증상이나 징후를 일일이 보건관리자가 확인하거나 점검하는 일은 현실적으로 곤란하므로, 근로자 스스로 이상 징후를 느끼게 되면 보고할 수 있도록 하는 시스템을 운영할 필요가 있다. 더욱이, 정비사업장과 같이 전국에 산재해 있는 경우에는 근로자의 증상이나 징후에 대한 파악과 조치가 곤란하여, 관리자로서는 더욱 조기보고 시스템의 운영이 절실해진다.

국내 기업의 경우에는 이 점에 대하여 필요성을 충분히 인식하지 못하고 있어, 조기보고 시스템을 운영하는 곳이 없다. 다만, 공학적 접근 방법과 의학적 접근 방법의 통합적 활용을 목표로 시스템을 개발하고, 운영하고 있는 기업이 있어 주목을 끈다(권순찬 등, 2005). 이 시스템은 작업자의 인적 경력과, 해당 작업의 인간공학적인 작업유해위험성 평가 결과를 통합하여 제시할 수 있도록 하는 한편, 의사의 방문 일정에 따라 근로자가 스스로 검진 일자를 선택하여 입력할 수 있도록 함으로써 현장 근로자들의 호응을 얻고 있다.

3.2.2 작업 방법 및 환경의 개선

근골격계 질환자가 발생한 다음에는 해당 작업에 대하여 작업 방법 및 환경을 개선하는 일이 필수적이다. 이에 대하여 국내의 많은 기업들은 나름대로 작업 개선 절차를 갖추고, 이를 꾸준히 활용해 오고 있다. 그러나 집단 산재 신청이 빈발하던 2000년 전후와는 달리 최근 들어 근골격계질환자의 수가 감소되는 경향이 있는 듯 보이자 기업의 관심이 급격히 저하되고 있음은 매우 안타까운 일이다.

개선 기법으로는 가장 바람직한 것이 물리적 환경을 변경하거나 재배치하는 방법이 되겠지만, 기업의 입장에서는 재정적인 제약으로 인하여 근로자들의 요구를 모두 충족시킬 수 없을 것은 충분히 예상할 수 있다. 예를 들어, 그림 4에서 보듯 일본 토요타 자동차의 라꾸라꾸 의자와 같이 그 효과는 충분히 예상되지만, 설비의 설치에 많은 기간과 자금이 소요되는 방안은 어쩔 수 없이 장기적인 안목과 계획을 가지고 검토되어야 한다. 근골격계질환은 단기간에 발병하는 질환이 아니기 때문이며, 개선안이 또 다른 문제를 야기시킬 수 있기 때문이다.



그림 4. 일본 토요다자동차의 라꾸라꾸의자 도입 사례

4. 자동차 관련 업종의 근골격계질환 예방 과제

많은 노력에도 불구하고 자동차 관련 업종의 근골격계질환의 발생은 아직도 진행 중이다. 그 이유는 여러 가지가 있을 수 있으나, 다음과 같은 점들을 대표적으로 지적할 수 있다. 그래서, 자동차 관련 업종의 근골격계질환을 효과적으로 예방하고 관리하기 위해서는 인간공학이 안고 있는 문제는 무엇인가 간략히 검토해 보기로 한다.

4.1 평가 기법의 개발

자동차 관련 업종은 다른 업종보다 일괄적인 작업 개선을 개발하기가 곤란하며, 개선 효과도 크지 않다. 그 이유 중 하나는 작업의 다양성 때문이다. 하나의 자동차 관련 기업이라고 하더라도 차체, 프레스, 도장, 조립, 화성 등 생산 부서들은 작업 대상 제품에 따라 작업의 특성이 전혀 다르다.

예를 들어, 조립 공장의 경우에는 노동 집약적인 작업이 집중되어 있는 반면, 프레스 공장의 경우에는 작업자는 몇 명에 의하여 자동화된 기계 설비가 지속적으로 제품을 생산한다. 더구나, 차량 수리 작업의 경우에는 다음에 어떤 작업을 해야 할지 사고 차량의 특성이 파악되지 않는 한 전혀 가늠할 수 없다.

그럼에도 불구하고 국내의 경우 작업자세부담의 평가에는 일률적이라고 할 만큼 OWAS (Karhu 등, 1977), RULA (McAtammney와 Corlett, 1993), REBA(Hignett와 McAtammney, 2000)가 많이 사용되고 있다(이인석 등, 2003). 그러나, 이러한 관찰적 기법들은 자세부하의 평가에 초점이 맞추어져 반복적인 동작에 대한 평가가 부족하다(기도형, 2007). 물론 Strain Index같은 기법이 개발되어 있으나, 그 보급률이 낮고, 평가자의 주관성이 개입될 수 있기 때문에, 생산 현장에서의 신뢰도도 낮다. 자동차 관련 업종의 경우, 조립작업과 정비작업의 작업특성이 상이하므로(Yun과 Lim, 2008), 동일한 기법으로 양쪽 작업을 모두 평가한다는 것은 합리적이지 못하다.

이런 문제를 극복하기 위하여 자동차 업종에 적합한 평가기법이 개발되어야 한다. 예를 들어, Bao 등(2006a, b)은 반복성을 정량화하는 연구를 진행해 오고 있으나, 그 결실은 아직 별로 없는 듯하다.

4.2 작업방법 및 환경 개선의 효능 향상

작업개선의 가장 좋은 방법은 작업방법과 환경을 개선하는 방법일 것이다. 그러나, 작업 대상물이 자동차와 같은 복잡한 구조물인 한, 그 구조가 바뀌지 않는다면 작업의 성격은 변하지 않는다. 즉, 근골격계질환을 예방하려면 작업자 친화형 제품(worker-friendly product)이 설계되고 제조되어야 한다는 의미이다. 그런데, 국내 자동차 관련 업종의 당면 과제 중 하나는 생산 현장의 근로자들의 고충이 자동차 제품 자체의 설계 변경에 쉽게 반영되지 않는다는 것이다. 선진국의 경우에는 작업자들이 고충을 수집하여 기존에 설정된 작업 방법 및 표준을 수정하는 한편, 제품 자체의 설계를 개선하는 데 반영되는 것이 보통이다.



그림 5. 구조가 변경되어 작업이 수월해진 차체의 예

그림 5는 전방 엔진룸의 크로스멤버가 제거된 차량의 차체 전면을 보여 준다. 이렇게 구조가 변경되면, 작업자는 작업점에 쉽게 접근할 수 있어, 작업자세는 작업부담이든 훨씬 수월해진다. 이 시스템은 차체 밑의 리프트가 상하 높낮이가 조절되어 작업자의 쪼그려 일할 필요가 없어졌으나, 그럼에도 불구하고 Engström 등(1999), Kadefors 등(1996)은 요통에 의한 부담은 현저히 줄었다 하더라도 손과 손목, 그리고 어깨의 부담은 변하지 않았다는 점을 지적하였다. 작업개선이란 보는 시각에 따라 얼마든지 개선할 수 있음을 보여주는 좋은 예이다.

4.3 예방 관리 활동의 단속성 극복

지속적인 예방 관리 활동과 작업 개선 활동이 근골격계질환의 예방에 효과적이라는 사실은 이미 선행연구에 의하여 많이 지적된 바 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라의 사업장들은 근로자들에 앞서 자발적으로 개선활동을 선도해 나가는 것이 아니라, 근로자들의 요구와 노동조합의 제의에 따라 마지못해 개선하는 듯한 행태를 보이고 있다. 그 이유 중의 하나는 법정 유해요인조사가 3년만에 1회씩 수행되게 되어 있다는 점이고, 또 하나는 근골격계질환이 문제시되기 이전에 기업 스스로 자발적인 작업환경 개선 노력을 열심히 하지 않았다는 반증이기도 하다.

그 좋은 예로서, 많은 사업장에서는 작업순환(job rotation)을 도입하고는 있으나 작업의 인간공학적 특성에 대한 지식이 미흡하여, 손목 진동에 노출되는 작업이 끝난 후, 다시 손목을 이용해야 하는 조립작업에 투입되는 경우가 쉽게 눈에 띈다. 적어도 인간공학적인 측면에서 작업개선 취지를 이해하지 못하고 있다는 의미이다. 그 결과, 처음 작업을 개시할 때에는 우수한 작업 환경을 가졌던 사업장이 개선 활동을 소홀히 하여, 불과 몇 년 후에는 후발 사업장보다도 작업 환경이 열악한 경우를 볼 수 있는데, 이는 인간공학에 관한 교육이 선행되어야 하는 이유를 말해준다.

근골격계질환은 선행 연구들을 통하여 알 수 있듯이, 일과성 행위로는 예방될 수도 없고, 근본적인 원인도 제거되기 어렵기 때문에 시스템적 접근 방법이 불가피하다.

5. 결 론

이상의 검토 결과를 종합하자면, 자동차 관련 업종의 근골격계질환은 1분 내외의 짧은 작업주기 시간으로 인한 작

업의 반복성, 작업을 수행하는 데 요구되는 부자연스런 자세, 부품을 이동시키거나 장착하는 데 요구되는 과도한 힘, 동력 공구에 기인하는 진동 등이 주요 원인이라고 할 수 있다. 그리고 인간공학적 작업개선은 이들 요인들의 제거나 경감 등을 위하여 노력해 왔다.

그러나, 아직도 인간공학은 – 적어도 자동차 관련 업종의 근골격계질환의 예방을 위하여 – 적절한 평가 기법의 개발, 개선활동 효능의 향상, 지속적 예방 관리 활동을 위한 시스템 구축이라는 과제를 안고 있다는 것도 알 수 있었다.

더욱이, 우리나라는 좁은 나라임에도 불구하고 근골격계 질환에 관한 한 중공업과 자동차 조립, 자동차 부품 등 금속노조 관련 사업장이 많이 분포되어 있는 지역과 그렇지 않은 지역 사이에는 근골격계 질환에 대한 정서와 인식에 많은 차이를 보이고 있어, 사회심리학적 요인을 무시할 수 없으리라는 것도 쉽게 예상할 수 있다.

따라서, 근골격계질환의 예방은 물리적인 요인과 사회심리학적 요인의 종합적인 예방과 관리에 입각하여야 한다. 공학적인 접근뿐만 아니라, 의학적인 접근 방법이 필요한 이유이다. 그러나, 이제까지 국내의 인간공학자들은 근시안적인 연구 방법에 몰두한 나머지, 거시안적이고 종합적인 안목을 갖는 데 소홀하지 않았나 반성할 필요가 있다.

그 대안으로 물리적인 요인은 물론, 지역 정서까지도 포함되는 거시적 사회심리적 요인을 포용할 수 있는 다각적인 접근 방법이 요구되는 것이다. 즉, 이미 선행 연구(Johansson 등, 1993; Engström, 1999; Fredriksson 등, 2001)에서 지적된 바와 같이 균형잡힌 연구 방법이 요구되는데, 이를 위하여 공학과 의학이 융합된 시스템적 접근방법이 불가피하며, 이는 곧 종합적인 산업안전보건경영시스템(Occupational Safety and Health Management System; OHSMS)의 구축이 절실함을 의미한다.

참고 문헌

Bao, S., Spielholz, P., Howard, N. and Silverstein, B., "Quantifying repetitive hand activity for epidemiological research on musculoskeletal disorders - Part I: individual exposure assessment", *Ergonomics*, 49(4), 361-380, 2006.

Bao, S., Spielholz, P., Howard, N. and Silverstein, B., "Quantifying repetitive hand activity for epidemiological research on musculoskeletal disorders - Part II: comparison of different methods of measuring force level and repetitiveness", *Ergonomics*, 49(4), 381-392, 2006.

Carayon, P., Smith, M. J. and Haims, M. C. "Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders," *Human Factors*, 41(4), 644-663, 1999.

Engström, T., Hanse, J. J. and Kadefors, R., "Musculoskeletal symptoms due to technical preconditions in long cycle time work in an automobile assembly plant: a study of prevalence and relation to psychosocial factors and physical exposure", *Applied Ergonomics*, 30(5), 443-453, 1999.

Faucett, J., Garry, M., Nadler, D. and Ettare, D., "A test of two training interventions to prevent work-related musculoskeletal disorders of the upper extremity", *Applied Ergonomics*, 33(4), 337-347, 2002.

Faucett, J. and Rempel, D., "VDT-Related Musculoskeletal Symptom: Interactions between Work Posture and Psychosocial Work Factors", *American Journal of Industrial Medicine*, 26, 597-612, 1992.

Frederick, L. J. "Cumulative Trauma Disorders", *American Association of Occupational Health Nurses Journal*, 40(3), 113, 1992.

Fredriksson, K., Bildt, C., Hägg, G. and Kilbom, Å, "The impact on musculoskeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(1), 31-45, 2001.

Fucini, J. and Fucini, S., Working for the Japanese: Inside Mazda's American auto plant, New York, Free Press, 1990.

Houtman, I. L., Bongers, P. M., Smulders, P. G. and Kompier, M. A., "Psychosocial stressors at work and musculoskeletal problem", *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 20(2), 139-145, 1994.

Johansson, J. Å., Kadefors, R., Rubenowits, S., Klingenstierna, U., Lindström, I., Engström, T. and Johansson, M., "Musculoskeletal symptoms, ergonomics aspects and psychosocial factors in two different truck assembly concepts", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12(1), 35-48, 1993.

Kadefors, R., Engström, T., Petzäll, J. and Sundström, L., "Ergonomics in parallelized car assembly: a case study with references also to productivity aspects", *Applied Ergonomics*, 27, 101-110, 1996.

King, P. M., Fisher, J. C. and Garg, A., "Evaluation of the impact of employee ergonomics training in industry", *Applied Ergonomics*, 28, 249-256, 1997.

Kuorinka, I., Alaranta, H. and Erich, I., "Prevention of musculoskeletal disorders at work: validation and reliability in a multicenter intervention study," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(6), 437-446, 1995.

Linton, S. J., "Risk factors for neck and back painin a working population in Sweden", *Work and Stress*, 4(1), 41-49, 1990.

Nussbaum, M. A. and Torres, N., "Effects of training in modifying working methods during common patient-handling activities", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, 33-41, 2001.

Putz-Anderson, Cumulative Trauma Disorders - A Manual for Mus culoskeletal Disease of the Upper Limbs, London, Taylor-Francis, 1988.

Saleem, J. J., Kleiner, B. M. and Nussbaum, M. A., "Empirical evaluation of training and a work analysis tool for participatory ergonomics", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31, 387-396, 2003.

Salminen, S., Saari, J., Saarela, K. L. and Räsänen, T., "Organizational factors influencing serious occupational accidents", *Scandinavian*

Journal of Work Environment and Health, 19(5), 352-357, 1993.

Sande, L. P., Coury, H. J. C. G., Oishi, J. and Kumar, S., "Effect of musculoskeletal disorders on prehension strength", *Applied Ergonomics*, 32(6), 609-616, 2001.

Silverstein, B. A., Fine, I. J. and Armstrong, T. J., "Occupational Factors and Carpal Tunnel Syndrome", *American Journal of Industrial Medicine*, 11, 343-358, 1987.

Svenson, H. O. and Anderson, G. B., "Low-back pain in 40- to 47-year-old men: Work history and work environment factors", *Spine*, 8(3), 272-276, 1983.

Wu, H. S., Chen, H. C. and Chen, T., "Effects of ergonomics-based wafer-handling training on reduction in musculoskeletal disorders among wafer handlers", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 127-132, 2009.

Yun, J. H. and Lim, H. K., "Comparison of Work Characteristics for Evaluating Musculoskeletal Hazards of Atypical Works", *Proceeding of The 1st East Asian Ergonomics Federation Symposium*, 203-207, 2008.

Zetterberg, C., Forsberg, A., Hansson, E., Johansson, H., Nielson, P., Danielsson, B., Inge, G. and Olsson, B. M., "Neck and upper extremity problems in car assembly workers: A comparison of subjective complaints, work satisfaction, physical examination and gender", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 277-289, 1997.

강진우, 유재혁, 이종원, 이향기, 한영선, 구정완, "자동차 정비사들의 직능별 근골격계 자각증상 호소율 및 자세비율에 대한 연구", 대한인간공학회 춘계학술대회논문집, 206-209, 2008.

권순찬, 송재철, 이수진, 임현교, 김인아, 고재우, "한 완성차공장의 WMSD 예방 및 관리를 위한 전산프로그램의 개발", 대한산업의학회 학술대회, 2005.

기도형, "외부 부하, 동작 반복 효과가 반영된 자세 분류 체계의 개발", 대한인간공학회지, 26(1), 39-46, 2007.

김일룡, 김재영, 박종태, 최재욱, 김해준, "자동차 조립 작업자의 사회 심리적 스트레스와 근골격계 증상과의 연관성", 대한산업의학회지, 13(3), 220-231, 2001.

김재영, 최재욱, 김해준, "자동차 조립 작업자들에서 상지 근골격계의 인간공학적 작업평가결과와 근골격계 증상과의 연관성", 대한산업의학회지, 7(2), 306-319, 1995.

김창선, 김광종, 최재욱, 윤수종, "자동차 조립공장 근로자의 누적외상성질환 자각증상 호소율과 관련 위험요인", 한국산업위생학회지, 11(1), 85-91, 2001.

나종관, 박민용, "소형 부품 자동화 조립시스템의 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 개선안 연구", 대한인간공학회지, 24(2), 57-63, 2005.

노동부, 근골격계질환 예방업무 편람, 2004.

백승렬, 임석진, 권영준, 문명국, "국내 상용자동차 제조 사업장의 근골격계질환 실태와 개선에 관한 연구", 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 314-318, 2007.

윤철수, 이세훈, "자동차 관련직종 근로자에서 산지 근골격계 증상호소율과 관련요인", 대한산업의학회지, 11(4), 439-448, 1999.

이경태, 이창민, 장성록, 정병용, "한국 자동차 업종의 작업자세 분포와 근골격계 부담작업 분석", 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 148-157, 2006.

이용희, 이동춘, 이상도, "자동차 시트 제조작업장에서의 직무스트레스 요인과 직업성 근골격계질환의 상관성에 관한 연구", 대한인간공학회 학술대회논문집, 34-39, 2006.

이윤근, 김현욱, 임상혁, 박희석, "누적외상성질환 위험 요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발", 한국산업위생학회지, 11(1), 56-69, 2001.

이윤근, 박희석, "심리사회적 요인과 근골격계질환 증상과의 관계에 대한 연구", 대한인간공학회지, 22(4), 15-25, 2003.

이인석, 정민근, 최경임, "지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가기법의 비교", 대한인간공학회지, 22(1), 45-56, 2003.

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

한영선, 이승철, 박상은, 구정완, "일개 자동차 정비사업소 업무와 관련한 작업분류별 근골격계질환 유해요인 및 작업자세 실태조사", 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 237-241, 2008.

저자 소개

임 현 교 hklim@chungbuk.ac.kr
충북대학교 공과대학 안전공학과 교수
현 재: **한국과학기술원 산업공학과 석박사 과정 수료**
일본 산업의과대학 인간공학교실 방문연구원
관심분야: **산업안전, 제품안전**, Human Error **등**

나 미 령 luomeiling1004@hotmail.com
충북대학교 안전공학과 석사과정
현 재: **충북대학교 안전공학과 석사과정**
관심분야: **산업안전, 제품안전**, Human Error **등**

김 동 균 windy6395@nate.com
충북대학교 안전공학과 석사과정
현 재: **충북대학교 안전공학과 석사과정**
관심분야: **산업안전, 제품안전**, Human Error **등**

김 홍 영 khykhyoo@naver.com
충북대학교 안전공학과 석사과정
현 재: **충북대학교 안전공학과 석사과정**
관심분야: **산업안전, 제품안전**, Human Error **등**

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 07월 11일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 07월 14일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 21일