

Investigation of Work Load and Work Ability by Aging of Automobile Assembly Workers

Myung-Chul Jung¹, Kyung-Sun Lee²

¹Department of Industrial Engineering, Ajou University, Suwon, 16499

²Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan, 46252

자동차 조립작업의 작업부하 및 연령에 따른 작업능력 차이 조사

정명철¹, 이경선²

¹아주대학교 산업공학과

²부산가톨릭대학교 산업보건학과

Corresponding Author

Kyung-Sun Lee

Department of Industrial Health, Catholic

University of Pusan, Busan, 46252

Mobile: +82-10-9461-3805

Email: kyungsunlee81@gmail.com

Received: September 04, 2019

Revised: September 24, 2019

Accepted: November 29, 2019

Copyright©2019 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: The purpose of this study is to investigate the work ability and work load of automobile assembly workers according to age.

Background: Previous studies indicated that self-reported musculoskeletal symptoms for assembly line workers corresponded to 38% and 14% relative to the shoulder and lower arm. As age increases, physical and mental abilities begin to decline. Reduced physical and mental abilities affect work capacity and workload. Decrease in work capacity due to aging affects production and quality as well as safety and health. Workers working on automobile assembly lines have high physical and mental demands. Therefore, efforts should be made to evaluate and manage the work ability and workload of the worker.

Method: This study was conducted on 107 workers working in the automobile assembly line. In this study, we used the Work Ability Index (WAI) developed by the Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) in Finland to assess the work capacity of workers. The QEC (Quick Exposure Check) tool developed in the UK was used to analyze workload differences among workers.

Results: Workers in automobile assembly line has a high work load in all tasks due to repetitive work and awkward working postures. There was no statistically significant difference in the mean work ability score according to age, but the individual difference (deviation) was found to be large with increasing age. There was no statistically significant difference in the exposure ratio according to age, but the individual difference (deviation) with respect to the work load was found to be larger with age. In addition, the higher the age, the more the number of subjective workloads for immediate improvement.

Conclusion: Aging can affect production and quality as well as safety and health. Physiological changes due to age increase are very natural phenomena and can not be blocked by change, but the decrease width and timing can be controlled by effort. In order to do this, it is necessary to accurately grasp and measure work items that can be unreasonable to workers through job analysis. Efforts should be made to develop and apply engineering and management improvement measures by evaluating the identified work items according to ergonomic evaluation criteria and deriving improvement items.

Application: The results of this study are expected to be used as basic data for worker management of automobile assembly lines.

Keywords: Work ability, Work load, Automobile assembly worker, Aging

1. Introduction

조립작업자는 다양한 재료 및 부품들을 손/손가락, 손목, 아래팔, 어깨 등을 주로 사용하여 제품에 부품을 체결하거나 삽입하는 일을 수행한다. 이러한 일을 반복적으로 장기간 수행하게 되면 근골격계질환을 유발하게 된다. 실제로 조립작업에 근무하는 작업자의 약 38%와 14%가 어깨와 아래팔에 근골격계증상을 호소하고 있으며(Ohlsson et al., 1989), 다른 작업에서 근무하는 작업자에 비해 조립작업에서 근무하는 작업자의 상지관련 근골격계질환 호소율이 높다고 보고되었다(Reeve and Psatula, 1998; Luopajarvi et al., 1979). 자동차 조립작업은 근골격계질환을 호소하는 비율이 높은 직종이며, 이는 근로자가 맨손 또는 수공구를 사용하여 부품이나 자재를 인력으로 반복적으로 조립하기 때문이다. 대표적인 조립작업은 파스너 체결(fastener initiation), 호스 삽입(hose insertion), 부품 삽입(part or objects insertion), 스냅 끼워넣기(engage a snap-fit) 등이 있으며, 이러한 작업은 신체 및 정신적 능력에 영향을 미친다(Lee et al., 2018).

근골격계질환을 발생시키는 주요 요인은 작업 특성이 가장 관련성이 높지만 이외에도 개인의 특성이 원인이 되기도 한다. 특히 연령은 근골격계질환을 발생시키는 개인적 특성 중 매우 중요한 요인이다(Choi et al., 1996). 연령이 증가할수록 근골격계질환의 위험요인이 증가되고 근육부하 및 신체적 요구량이 증가된다(Qin, 2014). 연령이 증가하면 신체적 능력이 급격히 감소하게 되는데, 조립작업자의 작업에 가장 큰 관련성을 주는 힘(근력)과 관련해서 장년층은 청년층에 비해 약 10% 가량의 감소율을 나타낸다. 연령 증가에 따른 신체적 능력의 감소율을 자세히 살펴보면, 손가락 누름 힘은 청년층에 비해 장년층이 약 12% 낮게 나타나며(Oliverira et al., 2008), 손가락 짚는 힘은 청년층에 비해 장년층이 약 13% 낮게 나타났다(Potvin et al., 2006). 한손으로 물체를 잡는 힘은 장년층이 청년층에 비해 약 10% 낮았으며(Andrew et al., 2008), 타격 힘은 약 6% 감소한다(Potvin et al., 2000). 이러한 신체적 능력의 저하는 작업능력을 감소시키는 원인이 된다.

연령에 따른 작업능력의 영향관계를 파악한 선행연구들의 결과를 종합해 보면, 연령이 증가하면 신체 및 정신적 능력이 감소하고 그 결과로 작업능력이 감소한다는 연구와 연령은 작업능력에 영향요인이 아니라는 연구로 나뉘고 있다(Lee and Chang, 2010). Lee et al. (1995)와 Lee and Chang (2012)의 연구결과를 살펴보면 50대 이상의 연령대에서 작업능력이 높게 나타났다. 즉, 연령 뿐만이 아닌 업무조건, 업무형태, 업무환경, 개인의 건강과 체력, 직무스트레스 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하여 작업능력에 영향을 주게 된다(Sakari et al., 1991; Timo et al., 1991; Ben, 1991). Mok et al. (2013)은 자동차부품 제조업 작업자를 대상으로 작업능력과 직무스트레스의 관계를 파악하기 위한 연구를 수행한 결과, 연령대가 증가할수록 작업능력은 감소하였으며, 근골격계 부담작업 여부에 따라서 작업능력에 차이를 나타낸다는 결과를 도출하였다.

선행연구의 결과를 종합해보면, 작업능력은 연령보다는 작업과 관련된 요인 및 개인의 신체적 능력 차이에 의하여 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다. 특히 작업의 조건과 상황에 따라 작업능력은 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 자동차 조립라인에서 근무하는 작업자를 대상으로 작업에 대한 작업부하를 평가하고 대상 작업자 연령에 따른 작업능력의 차이를 분석하는 것이다.

2. Method

2.1 Data collection

본 조사는 A 자동차회사의 조립라인에서 근무하는 작업자를 대상으로 수행되었다. 조사에 참여한 작업자는 총 107명이었다. 설문에 참여한 작업자의 연령 분포는 30대 3명, 40대 25명, 50대 78명, 60대 1명이었다. 설문대상자의 평균 연령은 51 (SD 4.3)세 이었으며 모

두 남성이었다. 조사에 참여한 작업자는 최근 5년간 근골격계질환과 관련된 어떠한 질환도 없는 사람으로 선정하였다. 조사대상자는 의장공장에 근무하며, A와 B 차량의 조립매개체/소물을 삽입 및 체결하는 작업을 수행하는 작업자를 대상으로 하였다.

2.2 Questionnaire

작업자의 작업부하 차이를 분석하기 위해서는 영국에서 개발된 QEC (Quick Exposure Check) 평가 도구를 활용하였다(David et al, 2008). QEC 평가 도구는 허리, 어깨/팔, 손목/손, 목, 중량물, 작업시간, 한손 최대 사용 힘, 시각적 요구, 작업 중 탈것(자동차, 지게차 등), 진동 도구 사용, 작업속도, 작업스트레스 항목을 평가하여 즉시 개선, 개선요망, 지속적 관찰요망, 적합한 4단계로 작업의 부하를 구분하는 방법이다.

본 연구에서는 조립라인에서 근무하는 작업자의 작업능력을 평가하기 위하여 핀란드의 국립산업보건연구원(FIOH; Finnish Institute of Occupational Health)에서 개발한 작업능력평가도구(WAI; Work Ability Index)를 활용하였다(Tuomi et al, 1998). 작업능력평가도구는 청년기를 기준으로 현재의 작업능력, 질병, 병가일수, 자가진단, 정신적 자질 등 총 7가지 항목을 평가하여 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨의 4가지 등급으로 작업능력을 구분하는 방법이다.

2.3 Data analysis

본 설문에는 총 107명이 참여하였지만 설문응답의 성실도와 완성도가 미비한 설문자의 설문지는 분석에서 제외하였으며, 실제 분석에는 QEC 응답자 60명과 WAI 응답자 72명의 자료를 활용하였다. 분석에 활용한 응답자의 연령별 분포는 Table 1과 같다.

Table 1. Number of the participants by age group

Checklist	Age group				Total
	30	40	50	60	
WAI	3	18	50	1	72
QEC	2	15	42	1	60

본 연구에서는 20대가 설문에 참여하지 못하였기 때문에 20대의 작업부하 노출비율(Exposure rate) 및 작업능력지수(WAI)은 회귀식을 이용하여 각각의 점수 및 노출비율을 예측하여 분석에 반영하였다. 단 통계적 분석에는 예측데이터인 20대와 샘플수가 적은 60대의 데이터는 활용하지 않았다. 통계분석을 위한 독립변수는 연령이며 종속변수는 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate) 및 작업능력지수(WAI)이다. 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 통계적으로 검증하기 위하여 유의수준 0.05로 한 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 또한 통계적으로 유의한 차이를 나타낸 변수들에 있어서 변수 수준별 차이를 분석하기 위한 사후분석(Tukey HSD Test)을 실시하였다. 통계분석에는 SAS Ver 9.1 (SAS Institute Inc.)을 활용하였다.

3. Results

3.1 QEC exposure rate

조립작업에 대한 작업자의 작업부하 노출비율(Exposure rate)을 크게 감각적 요인과 육체적 요인으로 구분하여 분석한 결과, 감각적 요인인 시각적 요구와 촉각적 요구에 해당하는 진동에 대해서는 시각적 요인 부분에서 더 부하가 높다고 조사되었다. 전체 조사대상자의 약 51%가 조립작업에 대하여 시각적 요구도가 높다고 응답하였다(Figure 1A). 조립작업자의 약 34%가 하루 1시간에서 4시간 사이의 전동공구를 사용하고 있으며, 하루 4시간을 초과하여 사용한다고 응답한 응답자는 전체 조사대상자의 41%를 차지하였다(Figure 1B).

육체적 요인을 살펴보면, 손 또는 손가락 사용 힘에 대해서는 작업 중 한손으로 내는 최대 힘은 "약한 수준이다"라고 응답한 작업자의 비율은 약 13%이고, "보통 수준" 69%, "강한 수준"이라고 응답한 작업자는 18%를 나타냈다(Figure 2A). 또한 작업 중 인력으로 취급하는 중량물의 최대 무게에 대하여 33%를 제외하고 "보통이다" 혹은 "무겁거나 매우 무겁다"는 응답을 나타냈다(Figure 2B). 조립작업의 작업형태를 살펴보면, 움직임이 없는 좌식 또는 입식 작업으로 대부분 허리를 움직이지 않고 작업을 하는 경우는 7%만 해당하였으며, 중량물 취급 시에 허리의 움직임은 분당 8회 정도로 자주 움직이는 작업이 약 46%를 차지하였다(Figure 3A). 조립작업 중 허리의 자세를 살펴보면, 5%를 제외하고 조금 숙이거나 옆으로 굽힘 또는 심하게 숙이거나 옆으로 굽힌 상태에서 작업을 수행하였다(Figure 3B).

조립작업 중 손의 위치를 살펴보면, 허리 아래에서 이루어지는 작업이 약 38%이었으며 가슴높이 36%, 어깨 위에서 이루어지는 작업이 약 26%를 나타냈다(Figure 4A). 조립작업 중 어깨/팔의 반복성을 살펴보면 약 88%가 자주 혹은 매우 자주 어깨/팔의 움직임이 발생하였다(Figure 4B).

작업 중 손목의 자세를 살펴보면, 작업의 85%가 조립작업 시 손목을 굽히거나 옆으로 꺾인 상태에서 작업을 수행하고 있었다(Figure 5A). 조립작업 중 비슷한 손목/손 동작의 반복성은 분당 10회 이하 33%, 분당 11~20회 52%, 분당 20회 초과가 15%를 차지하였다(Figure 5B). 조립 작업 중 머리/목의 굽힘과 돌림 자세를 분석한 결과, 작업자 중 46%가 목을 굽히거나 돌리는 자세를 자주 사용하고 있으며, 52%를 가끔 목을 굽히거나 돌리는 자세를 사용하여 작업을 하였다(Figure 6).

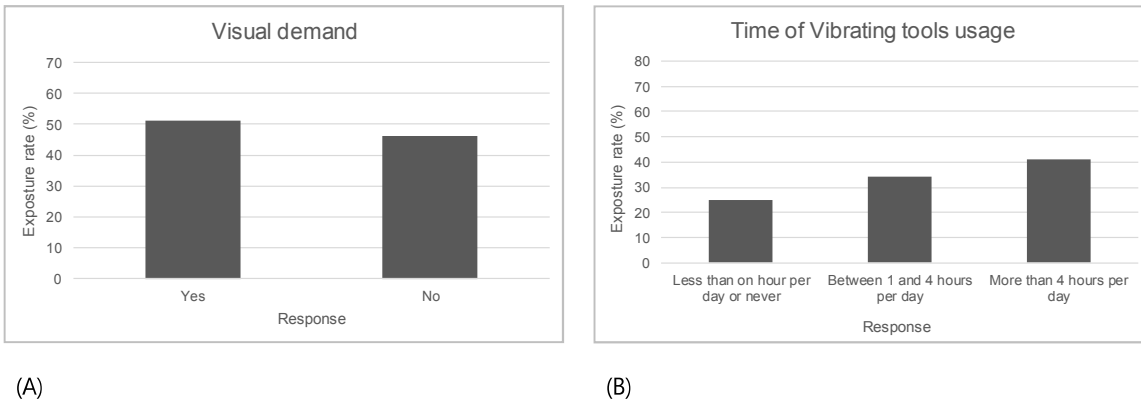


Figure 1. Exposure rate to visual demand and vibrating tools

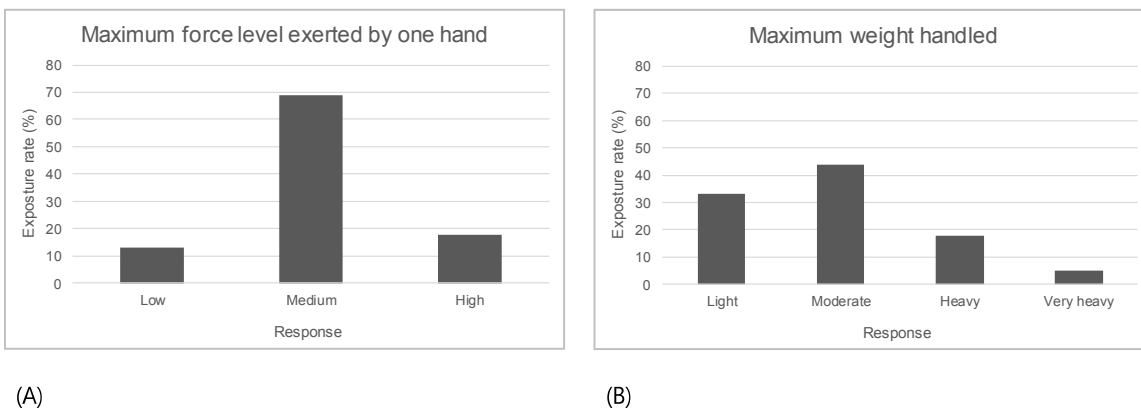


Figure 2. Exposure rate to maximum force exerted by on hand and maximum weight handled

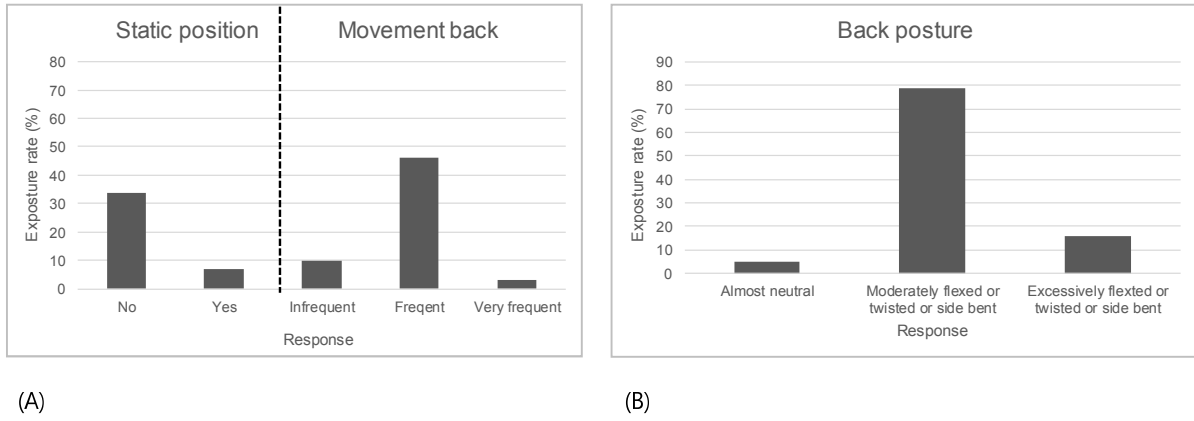


Figure 3. Exposure rate to static posture, movement back, and back posture

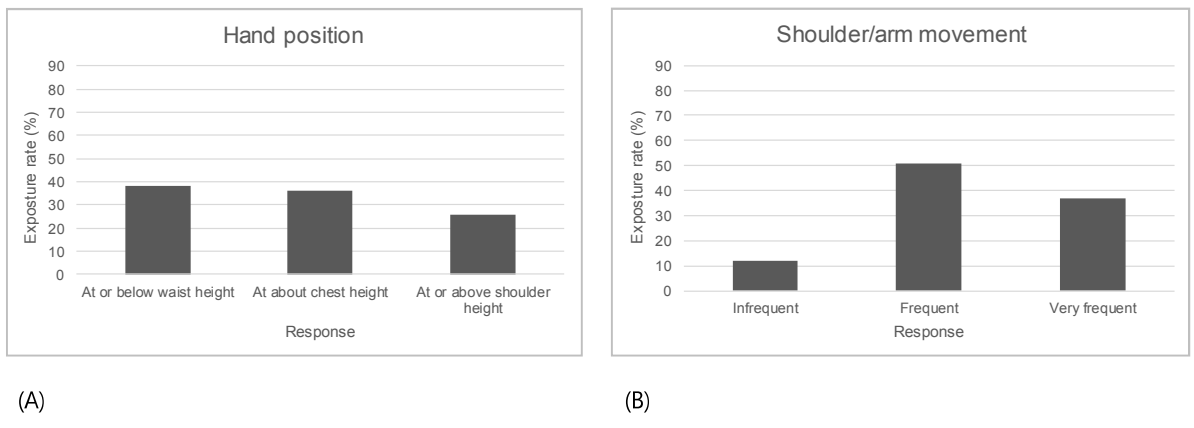


Figure 4. Exposure rate to hand position and shoulder/arm movement

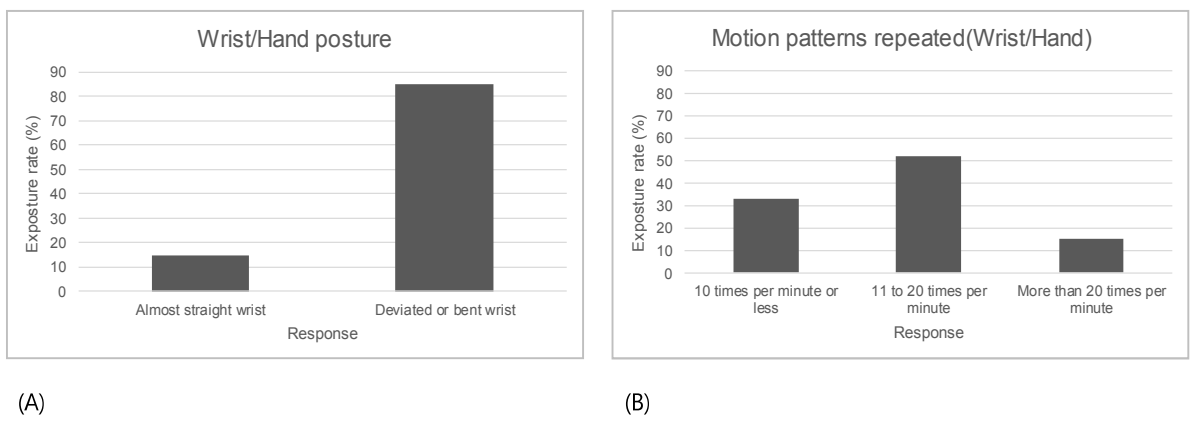


Figure 5. Exposure rate to posture and repeated in wrist/hand

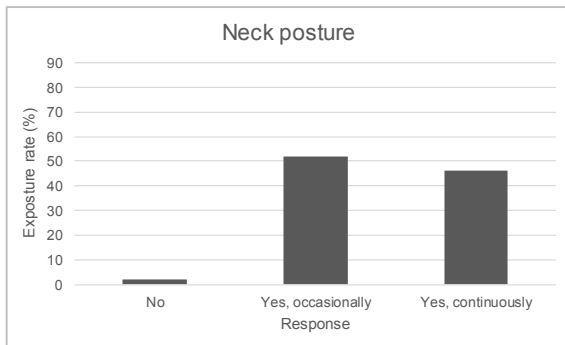
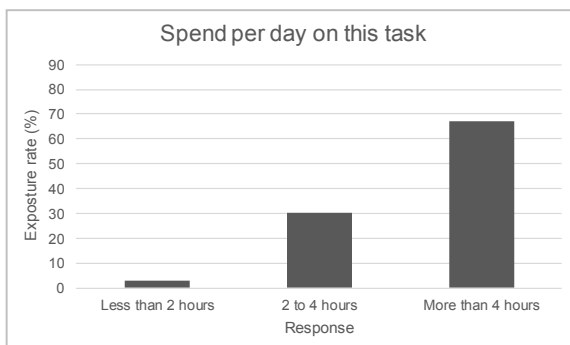
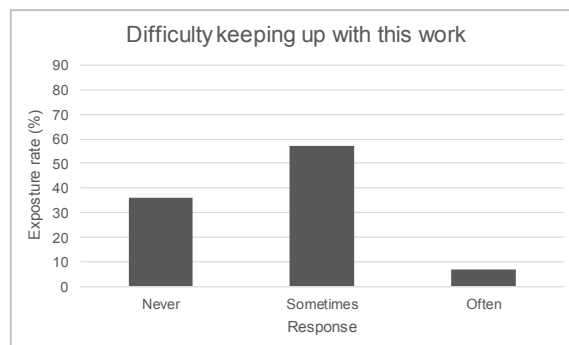


Figure 6. Exposure rate to neck posture

현재 수행 중인 작업의 지속시간을 묻는 질문에서는 평균 수행시간이 4시간 초과하는 작업이 67%를 차지하였으며, 2시간에서 4시간 사이가 약 30%로 나타났다(Figure 7A). 조립작업을 수행하면서 작업자의 64%는 작업속도에 대하여 가끔 또는 자주 어려움을 느낀다고 응답하였다(Figure 7B). 조립작업자를 대상으로 전반적인 작업스트레스를 묻는 질문에서는 작업자의 10%를 제외한 90%가 작업 중 스트레스를 받는다고 응답하였으며, 그중 약 20%는 작업 중 스트레스를 많이 받고 있다고 응답하였다(Figure 8).



(A)



(B)

Figure 7. Exposure rate to neck posture

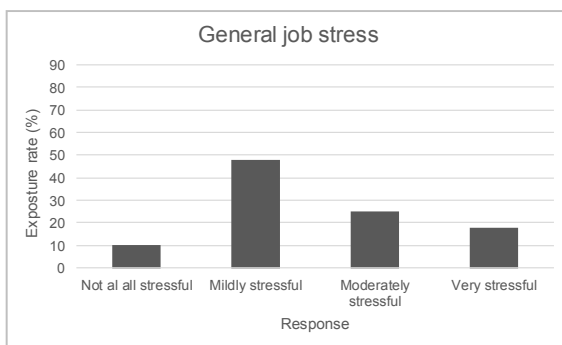


Figure 8. Exposure rate to general job stress

20대 작업자의 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate) 평가결과를 예측하기 위하여 조사에서 수집된 다른 연령의 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)을 기반으로 아래와 같은 회귀식을 도출하였다. 연령에 따른 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)의 평균은 20대 62.3%, 30대 60.9%, 40대 59.5%, 50대 58.1%, 60대 56.6%를 나타냈다. 전체 조사대상자의 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)에 따른 조치 수준은 적합 5%, 지속적 관찰요망 20%, 개선요망 62%, 즉시개선 13%를 나타냈다(Figure 9).

$$y = 0.141x + 65.1 \text{ (} y = \text{exposure rate score, } x = \text{age) (} R^2 = 0.5324, p\text{-value} = 0.000324)$$

20대 예측 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)을 제외한 설문조사 데이터를 기반으로 분산분석을 실시한 결과, 연령에 따른 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p = 0.9036$). 연령에 따른 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)의 차이는 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았지만, 연령 증가에 따라서 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)에 대한 개인차(편차)가 큰 것으로 나타났다. 또한 연령이 높을수록 즉시 개선에 대한 주관적 작업부하 인원이 많았다.

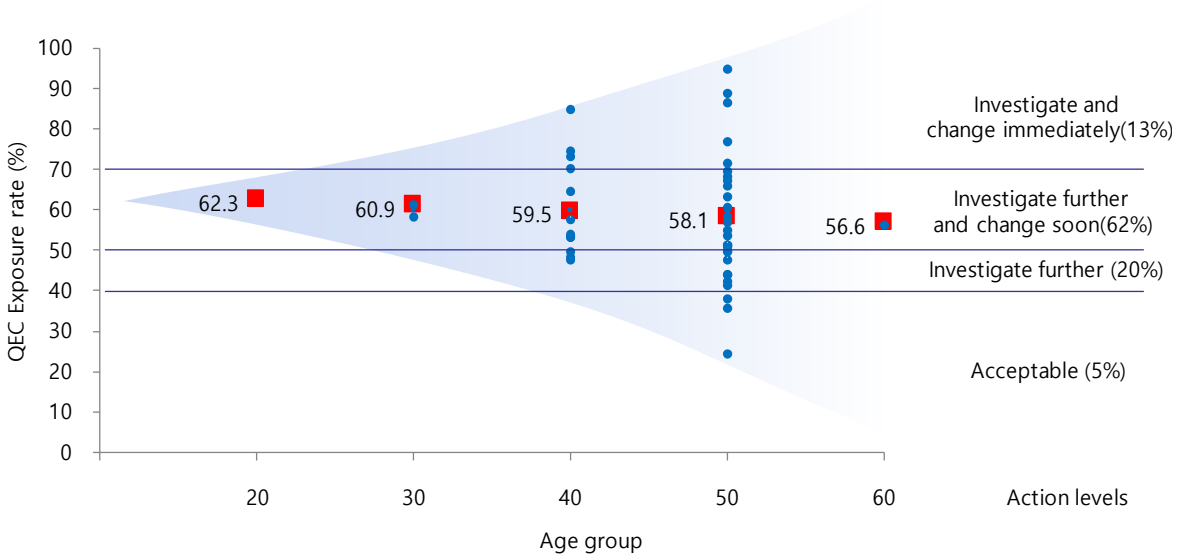


Figure 9. QEC exposure ratio by age group

3.2 Work Ability Index (WAI)

20대 작업자의 작업능력지수(WAI)를 예측하기 위하여 설문조사에서 수집된 다른 연령의 데이터를 기반으로 아래와 같이 회귀식을 도출하였다. 연령에 따른 작업능력지수의 평균은 20대 41.2, 30대 39.9, 40대 38.6, 50대 37.3, 60대 36.0을 나타냈다. 전체 조사대상자의 작업능력은 매우 좋음 14%, 좋음 53%, 보통 25%, 나쁨 8%를 나타냈다.

$$y = 0.131x + 43.86 \text{ (} y = \text{WAI score, } x = \text{age) (} R^2 = 0.4525, p\text{-value} = 0.000526)$$

20대 예측 작업능력지수(WAI)를 제외한 설문조사 데이터를 기반으로 분산분석을 실시한 결과, 연령에 따른 작업능력지수는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p = 0.7253$). 통계적으로는 유의한 결과를 나타내지 않았지만 평균적으로 20대를 기준으로 30대는 3.16%, 40대는 6.5%, 50대는 10.1%, 60대는 13.9%의 감소율을 나타냈다(Figure 10). 연령에 따른 평균 작업능력지수는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 연령의 증가에 따라 개인차(편차)는 큰 것으로 나타났다. 작업능력 평가의 수준은 연령이 높을수록 "보통", "나쁨"을 나타내는 작업자의 수가 많았다.

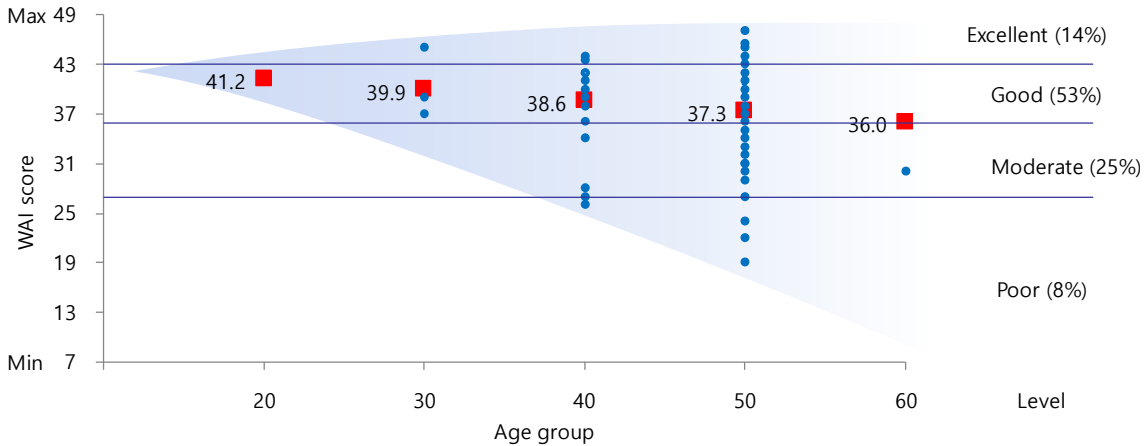


Figure 10. WAI score by age group

4. Discussion

본 연구의 목적은 자동차 조립라인에 근무하는 작업자를 대상으로 QEC를 활용하여 작업부하를 조사하고 연령에 따른 작업능력지수 (WAI)의 차이를 분석하고자 하는 것이다.

작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)에 대한 평가결과를 살펴보면, 작업자 중 46%는 자신의 시각능력보다 작업에서 요구하는 시각적 요구가 높다고 생각하고 있었다. 따라서 시각적 요구가 높은 무리작업은 작업자의 시각능력을 고려한 설계가 절실히 필요하다고 판단된다. 특히 조립작업자들은 제품 사양에 따라 표준작업지시서 혹은 세부 사양서를 읽는 것에 대한 부담이 높았다. 또한 크기가 작은 부품을 삽입 및 체결하는 작업에서도 시각적 요구도가 높은 것으로 나타났다. 따라서, 작업자의 시각능력을 고려하여 표준작업지시서 혹은 세부 사양서의 글자크기를 크게 작성하고, 돋보기를 작업공간에 배치하고 모든 시각적 정보장치의 가시성을 고려하여 설계하여야 할 것이다. 조립작업의 특성상 작업자의 41%가 하루 4시간 이상 전동 공구를 사용하여 국부진동에 노출되어 있음으로, 이를 예방하기 위한 대책이 필요하다고 판단된다. 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 손에 전달되는 속도진동이 전체 하루 노출시간 4시간 이상인 경우에 초과되어서는 안되는 성분가속도의 주파수가 가중된 우세값이 4m/s²로 제한하고 있다. 국소진동공구 취급 근로자의 보건관리지침에서는 작업시간은 매 1시간 연속 진동노출에 대하여 10분 휴식을 권고한다(KOSHA 2015). 조립작업은 손 또는 손가락 힘을 사용하여 다양한 크기의 부품 및 자재 등을 삽입 및 체결하는 것이 주요 업무이다. 따라서 손 또는 손가락 힘을 사용하는 것이 반복적으로 과도하게 이루어져 있다. 본 연구의 결과를 살펴보면, 조립작업 중 비슷한 손목/손 동작의 반복성은 분당 10회 이하 33%, 분당 11~20회 52%, 분당 20회 초과가 15%를 차지하였다. 분당 11~20회 사이의 반복성은 Job Strain Index의 분당 힘의 빈도와 비교해 볼 때 Rating values가 4에 해당하는 반복성이 높은 작업이다. 작업의 특성상 움직임이 없는 정적인 작업보다 허리를 자주 움직이는 중량물 취급작업이 60% 가량 차지하고 있으며, 작업자들 중 약 23%는 취급하는 물체가 무겁다고 느끼고 있었다.

자동차 조립라인에서 근무하는 작업자의 작업 자세를 살펴보면, 작업 중 85% 이상 손목을 굽히거나 꺾는 자세를 유지하고 있으며, 작업 중 팔을 어깨 위로 올리는 작업이 26%를 차지하였다. 작업자 중 46%가 목을 굽히거나 돌리는 자세를 자주 사용하였으며, 작업 중 허리를 심하게 굽히는 자세가 16% 이상 발생하였다. 자동차 조립라인의 작업환경 특성상 자동차 내부에 들어가서 작업을 수행하는 경우가 상당부분 존재한다. 따라서 위와 같은 부적절한 자세가 발생하는 것으로 판단된다. 이는 공학적인 설계를 적용하기에 매우 어려운 측면이 있으나 보조 도구 사용 및 작업순환 등의 방법을 적용하여 무리작업을 제거하는 방안을 마련하여야 한다.

동일한 작업에 대한 평균 수행시간이 4시간을 초과하는 작업이 전체 작업의 67%를 차지하여 반복적인 작업을 장시간 하고 있으며, 작업자의 64%는 자신이 수행하는 작업의 속도에 대하여 가끔 또는 자주 어려움을 느끼고 있었다. 작업 중 손목/손 동작이 분당 11회 이상 발생하는 경우가 약 67%에 해당하며, 작업자 중 88%는 어깨와 팔을 자주 움직이며 작업을 수행하고 있었다. 이는 조립작업의 대

다수 단위작업이 반복성이 높은 작업이기 때문이며, 작업자들의 고령화로 인하여 작업속도에 부담을 느끼는 것으로 보인다. 조사대상 작업자의 약 90%가 작업 중 스트레스를 받는다고 응답하였다.

연령에 따른 작업부하 노출비율(QEC Exposure rate)을 살펴보면, 연령이 증가할수록 '즉시 개선'에 대한 주관적 작업부하 인원이 많아졌다. 이는 작업자의 작업능력과 관련이 있으며, 신체 및 정신적 작업능력이 저하되면 주관적으로 느껴지는 작업부하가 커지기 때문이다. 작업부하는 신체 및 정신적 능력 저하에 따라 그 강도에 영향을 주게 된다. 또한 작업조건 및 환경이 근로자에게 부적절하면 작업부하는 증가하고, 작업부하가 장기간 반복되며 신체 및 정신적 능력에 영향을 주게 된다.

연령에 따른 작업능력지수는 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았다. 하지만 연령대에 따른 상대적 감소율을 살펴보면, 20대를 기준으로 30대는 약 3.1%, 40대는 6.5%, 50대는 10.1%, 60대는 13.9%의 차이를 나타냈다. 본 연구의 연령대별 작업능력지수를 Kim and Park (2014)의 연구와 비교해보면, 연령대별 평균 작업능력지수가 매우 유사하며, 감소폭 또한 매우 유사한 결과를 나타냈다. 작업능력을 평가하기 위해 사용한 설문지의 7가지 세부 항목별 차이를 살펴보면, 연령에 증가에 따라 가장 큰 차이를 나타낸 항목은 2. 작업에 필요한 능력의 하위 항목인 신체적인 작업을 수행할 때, "현재 작업능력은 어느 수준이라고 생각하십니까?"와 "정신적인 작업을 수행할 때, 현재 작업능력은 어느 수준이라고 생각하십니까?" 항목이었다.

작업능력은 연령이 증가함에 따라 차이를 나타냈으며, 개인간의 편차가 증가하는 것으로 나타났다. 작업에 대한 부하 정도 또한 연령에 따라 차이를 나타냈으며, 개인간의 편차도 크게 나타났다. 작업능력과 작업부하에 영향을 주는 요인은 연령뿐 아니라, 근속년수, 작업의 특성, BMI, 운동여부, 음주 및 흡연 등과 같은 개인요인을 포함하여 다양하다(Kim and Park, 2014). 하지만 본 연구의 결과를 토대로 명확히 알 수 있는 것은 연령이 증가할수록 개인간의 작업능력에 큰 편차를 나타낸다는 것이다. 따라서 고령자의 작업능력이 저하되는 생리적인 현상을 반영하여 작업을 개선하는 것이 매우 중요하다고 판단된다. 작업능력 저하를 고려하지 않는 것은 추후 안전과 보건 분야에 문제를 야기시킬 수 있으며, 생산과 품질에도 영향을 줄 수 있다.

BMW는 고령자의 작업능력 저하에 따른 선제적 대처를 위하여 'Work system 2017' 파일럿 프로젝트를 수행하였다(Loch et al., 2010). 본 프로젝트에서도 작업자를 대상으로 작업능력지수를 조사한 결과 고령자의 작업능력 변동이 매우 컸으며, 작업능력이 감소하는 고령작업자 공정에 작업개선을 실시하여 생산성 7% 향상, 10 ppm 품질달성, 결근율 2% 감소라는 성과를 달성하였다. BMW group은 'Work system 2017' 프로젝트를 전사에 수평전개하기 위하여 'Today for tomorrow' 프로그램을 개발하여 도입하고 있다(BMW Group 2012). 'Today for tomorrow' 프로그램의 주요내용은 혼한 작업부하, 인간공학적 설계, 최적의 작업순환, 건강증진, 개인별 맞춤작업에 대한 표준 개발 및 실행이다. 따라서 국내에서도 사회적 현상에 의하여 노동 시장에 비율이 높아지고 있는 고령자를 위한 대책을 마련하는 것이 필연적이라고 할 수 있다.

5. Conclusion

조립작업자는 다양한 재료 및 부품들을 손/손가락, 손목, 아래팔, 어깨 등을 주로 사용하여 제품에 부품을 체결하거나 삽입하는 일을 수행한다. 조립작업은 반복성이 높으며 공간상의 제약으로 인하여 부적절한 자세가 빈번히 발생한다. 특히 손과 손목 부위에 과도한 힘과 부적절한 자세가 빈번히 발생하는데 이를 해결하기 위한 체격력 및 삽입력 개선 등의 노력이 필요하다고 판단된다. 노동 시장의 고령화는 안전보건분야와 더불어 생산 및 품질에도 영향을 줄 수 있다. 연령 증가에 따른 생리적 변화는 매우 자연스러운 현상으로 변화를 차단할 수는 없으나 감소폭이나 시기는 노력에 의하여 조절할 수 있다. 이를 위해서는 작업분석을 통해 작업자에게 무리가 될 수 있는 작업 항목을 정확히 파악하고 측정하는 것이 필요하다. 파악된 작업 항목은 인간공학적 평가 기준에 의하여 평가하고 개선의 항목을 도출하여 공학 및 관리적 개선 방안을 마련하여 적용하고자 하는 노력이 선행되어야 한다. 작업능력 유지를 위해서는 작업자 스스로가 신체 및 정신적 능력 증진을 위한 노력이 필요하며, 국가 및 기업에서는 작업자의 작업능력을 시기별로 측정 및 평가하고 그에 따른 관리적 방안을 마련하는 것이 동반되어야 할 것이다. 본 연구는 자동차 조립라인에서 근무하는 작업자를 대상으로 작업능력과 작업부하를 평가하여 연령에 따른 차이를 분석하였는데 연구의 의미를 가진다. 다만 조사대상자의 수가 다소 부족하다는 단점이 있으므로 추후 연구에서는 보다 많은 조사대상자를 기반으로 연구를 확대할 예정이다. 또한 연령에 따른 작업부하의 인식 차이도 존재하지만 실제 설문대상자들이 수행하는 작업의 부담에 따라서도 작업부하의 인식 정도가 영향을 받았을 가능성이 존재한다. 따라서 추후 연구에서는 작업의 종류에 따른 차이를 분석하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

Acknowledgements

This study was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2019R111A3A01061509).

This study was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF- 2016R1D1A1B03934542).

References

Andrew, D.M., Potvin, J.R., Calder, I.C., Cort, J.A., Agnew, M. and Stephens, A., Acceptable peak forces and impulses during manual hose insertions in the automobile industry, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 193-201, 2008.

Ben, C.F., *Work, stress, disease and life expectancy*, Baffins Lane, John Wiley & Sons, pp. 185-212, 1991.

BMW Group., BMW today for tomorrow, *People's Insights*, 2(37), 1-15, 2012.

Choi, J.W., Yum, Y.T., Song, D.B., Park, J.T., Chang, S.H. and Choi, J.A., Musculoskeletal Diseases of Upper Extremities Among the Electronic Assembly Workers and Telecommunication Workers, *Korean Journal of Occupational Environmental Medicine*, 8(2), 301-309, 1996.

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.

Kim, D.S. and Park, J.O., A study on work ability among aging workers in Korea, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(5), 423-432, 2014.

KOSHA., Health Management Guidelines for Workers Handling Local Vibration Tools, KOSHA GUIDE H-177-2015, 2015.

Lee, K.S., Kim, J.H. and Jung, M.C., Evaluation of maximal acceptance and prefer insertion force by field connector assembly workers, *Journal of the Korea Institute of Industrial Engineers*, 44(5), 361-367, 2018.

Lee, Y.H., Kim, S.H., Kim, S.W., Shin, H.R., Jin, B.W., Woo, G.H. and Han, G.W., Pilot study for the assessment of work ability of manufacturing workers and managerial workers, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 28(2), 497-510, 1995.

Lee, Y.J. and Chang, S.R., A study on the work ability index by the type of business, age and job, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(1), 101-105, 2010.

Lee, Y.J. and Chang, S.R., Relationship between job stress and work ability, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(3), 125-130, 2012.

Loch, C.H., Sting, F.J., Bauer, N. and Mauermann, H., How BMW is defusing the demographic time bomb, *Harvard Business Review*, 99-102, 2010.

Luopajarvi, T., Kuorinka, I., Virolainen, M. and Holmberg, M., Prevalence of tenosynovitis and other injuries of the upper extremities in repetitive work, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 5(suppl. 3), 48-55, 1979.

Mok, Y.S., Lee, D.W. and Chang, S.R., A study on the work ability and the job stress of the workers in manufacturing industry of automobile parts, *Journal of the Korean Society of Safety*, 28(3), 100-106, 2013.

Ohlsson, K.R., Attewell, R. and Skerfving, S., Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 15(1), 75-80, 1989.

Oliveira, M.A., Hsu, J., Park, J.B, Clark, J.E. and Shim, J.K., Age-related changes in multi-finger interactions in adults during maximum voluntary finger force production task, *Human Movement Science*, 27, 714-727, 2008.

Potvin, J.R., Chiang, J., Mckean, C. and Stephens, A., A psychophysical study to determine acceptable limits for repetitive hand impact severity during automotive trim installation, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 625-637, 2000.

Potvin, J.R., Calder, I.C., Cort, J.A., Agnew, M.J. and Stephens, A., Maximal acceptable forces for manual insertions using a pulp pinch, oblique grasp and finger press, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 779-787, 2006.

Qin, J., Shoulder muscle fatigue development in young and older female adults during a repetitive manual task, *Ergonomics*, 57, 1201-1212, 2014.

Reeve, G.R. and Psatula, S.T., The incidence of ergonomic disorders among workers at a U.S. automobile manufacture. Ergoweb, 1998.

Sakari, S., Pekka, H., Clas-hakan, N. and Juhani, I., Performance efficiency and its changes among aging municipal employees, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 17(1), 118-121, 1991.

Timo, S., Clas-hakan, N. and Juhani, I., Stress and strain of elderly employees in municipal occupations, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 17(1), 30-39, 1991.

Tuomi, K., Ilmarinen, J., Jahkola, A., Katajarinne, L. and Tulkki, A., Work Ability Index. 2nd revised edn. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 1998.

Author listings

Myung-Chul Jung: mcjung@ajou.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Areas of interest: Work Design, Ergonomics, Product Development, Biomechanics, Electromyography

Kyung-Sun Lee: kyungsunlee81@gmail.com

Highest degree: Ph.D, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Position title: Assistant Professor, Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan

Areas of interest: Ergonomics, safety, biomechanics, WMSDs, work analysis and design, human error