

모 선박용 디젤엔진 제조업체 들기작업의 인간공학 위험요인 평가

김부욱 · 김선자 · 신용철* · 김현동 · 우지훈¹⁾ · 강동목¹⁾ · 이현석

인제대학교 보건안전공학과 · ¹⁾부산대학교 의과대학 예방 및 산업의학교실

Assessment of Ergonomic Risk Factors of Manual Material Handling in the Ship Diesel Engine Assembling Processes

Boo Wook Kim* · Sun Ja Kim · Yong Chul Shin · Hyun Dong Kim · Ji Hoon Woo¹⁾ · Dong mug Kang¹⁾ · Hyun seok Lee

*Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University ·
¹⁾Department of Preventive and Occupational Medicine, Pusan National University*

The purpose of this study was to assess the ergonomic risks of lifting tasks in a marine diesel engine manufacturing industry using the National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) Revised Lifting Equation(NLE). Average Lifting Index(LI = Weight of Load/Recommended Weight Limit) of a total number of 45 lifting tasks was 1.6 ± 0.7 . The LIs were above 1 at 34 tasks(75.6%), and above 2 at 11 tasks(24.4%). Parts management showed the highest average LI value (LI=2.3) in all departments, which resulted from high frequency and heavy load of lifting. The common and significant ergonomic risk factors in the processes were the

heavy weight of diesel engine parts and the long horizontal distance. In addition, some lifting tasks had such potential risk factors as the long vertical distance, the high frequency of lifts or the long work duration.

Key Words : musculoskeletal disorders, manual material lifting, Revised Lifting Equation, recommended weight limit, RWL, lifting index, LI

I. 서론

건설, 중공업, 제조, 물류(운수), 컨베이어 벨트로부터 원자재 이동, 창고의 물건 관리 등의 작업분야에선 동력 기구의 도움 없이 근로자가 근력을 이용하여 중량물을 들어올리기(lifting), 내리기(lowering), 밀기

(pushing), 당기기(pulling), 운반하기(carrying) 등의 작업을 수행하는 인력 물자취급(manual materials handling, MMH) 작업에서 신체적 충격에 계속적으로 노출되어 요통 등의 신체장애를 경험하는 사례가 많다(Bhattacharya and McGlothlin, 1996).

우리나라의 업무상질병 중 근골격

계질환 비율이 1996년도 26.3%(506명)(노동부, 1996), 2004년에는 44.8%(4,112명)(노동부, 2005)로 업무상질병 중 근골격계질환이 차지하는 비율이 높고 또한 점차 증가되고 있는 추세이다. 미국의 경우에 의하면 직업성 요통이 전체 산업 재해의 가장 큰 비중인 20~40%를 차지하고 있으며 재발율도 30~70%로 높다.

요통으로 인한 인력손실과 생산성 저하는 매년 500억불 이상의 경제적

접수일 : 2005년 4월 26일, 채택일 : 2005년 8월 5일

* 교신저자 : 신용철 (경남 김해시 어방동 607번지 인제대학교 보건안전공학과
Tel : 055-320-3676, Fax : 055-325-2471, E-mail : ycsin@inje.ac.kr)

인 손실로 나타나고 있고, 요통질환과 관련된 비용은 다른 재해로 드는 비용보다 더욱 빠르게 증가하고 있다(서승록과 임완희, 1999). 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서는 요통을 산업안전보건 분야에서 해결해야 할 가장 중요한 문제로 지적하고 있다(NIOSH, 1994).

요통발생의 원인으로는 작업습관, 생체 역학적 자세불량, 개인적인 생활태도, 물리적 환경요인(작업빈도, 물체가 놓인 위치, 무게 및 크기 등), 근로자의 신체적 조건, 과거의 요통 및 기타 장애(자동차 사고나 기타 사고)의 경험 유무, 퇴행성변화, 심리적 원인 등을 들 수 있다(백남원, 1995). 산업현장에서는 들기 작업(다른 기구를 사용하지 않고 손으로 직접 드는 작업), 밀고 당기기, 운반, 불안정한 근로자세, 적재 또는 하역 작업 등에서 얻게 되는 스트레스로 인한 생체 역학적 원인이 주를 이루고 있다. 특히 이관형 등(1996)의 연구에 의하면 우리나라에서 직업 관련성 요통재해 발생의 작업 형태별 분포로 볼 때 과격한 근육작업으로 허리에 과도한 힘이 부과되는 들기 작업에 의한 요통 재해자수가 가장 많은 것으로 나타났다.

본 연구의 목적은 모 선박용 디젤 엔진 제조업체를 대상으로 공정별 들기 작업에 대한 인간공학적 위험요인을 분석하고 작업별 위험도를 평가하고 위험도를 감소시키기 위한 개선안을 제시하는 데 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

대상 사업장은 선박용 대형 디젤엔진을 생산하는 업체로 라인 작업은 없어 들기 작업의 빈도가 낮지만 무게가 무거운 부품을 취급하고 있었

다. 엔진 생산 주기가 15~30일 단위가기 때문에 들기 작업은 몇 개의 부서를 제외하고는 간헐적이면서 집중적으로 이루어지고 있었다.

대상 사업장 근로자의 주 업무는 세척, 조립, 연삭, 선삭 및 가공 등이었고, 근로자가 작업량을 스스로 조절할 수 있었다. 총 평가 대상 들기 작업은 대형가공계, 대형조립 2계, 소형 가공계, 시운전담당, 육상조립 담당, 자재관리, 중형가공계, 생산 1과, 생산 2과, T/C 가공 등 10개 부서에서 이루어지고 있는 45 개였다.

취급 부품의 무게는 다양하나 이들 중 5kg 이상이고 가장 많이 취급되는 무게를 드는 작업을 대상으로 평가하였다. 공구실, 자재관리 및 포장 공정에서 2시간 이상이면 분당 0.5~2회 정도의 들기 작업이었고 이를 제외한 대부분의 부서에서는 2시간 미만이면 분도는 5분에 1회 정도, 소형 크레인을 사용하기엔 부적합한 장소가 많아 대부분은 근로자가 직접 손으로 들어서 운반하였다.

본 대상 사업장의 특성상 들기 작업이 매일 있지 않고 15일에서 30일 주기로 간헐적이면서 집중적으로 있기 때문에 현장에서 측정한 자료와 근로자와의 상담을 통해 1일 8시간을 기준으로 평균 들기 작업시간과 빈도를 산출하였다.

각 부서의 개략적인 작업상황은 다음과 같다.

1) 대형가공계, 중형가공계 및 소형가공계
주로 부품의 조립 및 마모 상태 확인, 사상 작업, 셋팅 작업과 가조립 작업 등을 담당하고 있었다. 특히 엔진을 조립하고 연마하는 과정에서 들기 작업이 있었다. 15개 들기 작업의 평균 빈도는 분당 0.26회, 작업시간은 1.7시간으로 빈도는 높지 않으나 대부분 중량물이고 작업시간이 비교적 길었다.

2) 대형조립 2계 및 육상조립 담당

정비, 세척, 조립 등의 업무를 담당하고 있었다. 세척 시에는 적재대나 대차에서 부품을 세척통에 넣을 때, 세척 후 대차로 부품을 옮길 때 들기 작업이 이루어지고 있었다. 12개 들기 작업의 평균 빈도는 분당 0.48회, 작업시간은 평균 1.2시간이었다.

3) 시운전 담당 및 생산 1과

주로 엔진 조립 업무를 담당하고 있었다. 평소에는 들기 작업이 많은 부서는 아니지만 시운전시에 예러가 발생하는 경우는 에어 필터 부품을 반드시 떼어 내야 하기 때문에 5개 들기 작업의 평균 빈도는 분당 1.1회로 비교적 높았다. 시운전 담당의 포장작업은 8~10kg 정도의 제품을 출하하기 위해 포장 후 적재하는 작업으로 분당 2회, 작업시간 2.5시간으로 높은 빈도와 긴 작업시간이 특징이었다.

4) 자재관리과

다른 부서의 작업에 필요한 부품을 운반·공급하는 업무를 담당하고 있었다. 근로자들이 부품을 소량으로 요구하는 경우가 많아서 주로 수작업으로 이루어지고 있었다. 3개 들기 작업의 평균 빈도는 분당 2회, 작업시간은 1.6시간으로 빈도가 높을 뿐만 아니라 취급하는 부품이 대부분 중량물이었다.

5) 생산 2과

연삭, 그라인딩, 햄머질, 조립 등의 업무를 담당하고 있었다. 엔진 연삭 작업의 7개 들기 작업 모두 빈도는 분당 0.2회, 평균 작업시간은 0.9시간으로 양호한 작업 조건이었지만, 본 연구의 조사 대상 부서 중 평균 부품의 무게가 가장 무거웠다. 또한 근로자가 부품을 들고 와서 스피들에 정확하게 맞추어야 하기 때문에 작업자세가 부적절한 경우가 많았다.

6)T/C가공조립

조립 및 세척, 그라인딩 등의 업무를 담당하고 있었다. 중량물인 가공 부품 3개의 들기 작업의 평균 빈도는 0.2회로 낮았으나 작업시간이 2.3시간으로 길었다.

2. 연구방법

들기 작업의 위험성을 평가하기 위해 National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH)의 Revised Lifting Equation(NLE)(NIOSH, 1994)을 사용하였다.

현장에서 측정 또는 조사한 항목은 부품의 무게, 수평·수직위치, 비틀림 각도, 작업빈도, 들기 작업시간, 손잡이 형태 등이었다. 측정된 변수를 바탕으로 각 평가 방법을 이용하여 45 개의 개별 들기 작업에 대한 각각의 권고기준(recommended weight limit, RWL)을 구하고 취급물체의 무게를 나눈 값, 즉 들기지수(lifting index, LI)를 산출하였다. 들기 작업 평가시의 두 위치 즉, 이동 전후의 각각의 권고 허용무게 또는 허용기준 및 LI를 산출할 수 있는데 본 연구에서는 모두 들기 시점만을 고려하여 각 작업별로 결과를 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 개별 작업 및 부서별 LI 분포

연구 대상 사업장의 45개 들기 작업에 대한 인간공학적 위험 평가 결과는 Table 1과 같다.

45 개의 들기 작업 중 956 Con-Road 부품 들기 작업의 경우 LI가 3.5로 가장 높았다. 이 작업은 자재를 관리하는 부서의 들기 작업으로 근로자들이 필요로 하는 부품을 운반·공급하는 업무를 담당한다. 빈도가 높고, 부품의 무게가 무거워 LI가 높게 나타났다.

Table 1. Lifting Index distribution of all manual lifting tasks

| No. | Handling objects | Weights(kg) | Evaluation results by NLE | |
|-----------|--------------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| | | | RWL ^a | LI ^b |
| 1 | 956con-road | 24.4 | 7.0 | 3.5 |
| 2 | NR2OR | 29.0 | 8.7 | 3.3 |
| 3 | Oil tank | 33.0 | 11.6 | 2.8 |
| 4 | Boring bar | 25.0 | 9.2 | 2.7 |
| 5 | 200 φ boring bar | 27.0 | 10.4 | 2.6 |
| 6 | Lina disk | 18.6 | 7.2 | 2.6 |
| 7 | 300 φ boring bar | 30.0 | 12.7 | 2.4 |
| 8 | NT 023 | 32.0 | 14.2 | 2.3 |
| 9 | Con-road | 24.2 | 11.2 | 2.2 |
| 10 | Bave gear | 23.5 | 11.1 | 2.1 |
| 11 | Face-cutter | 27.0 | 13.2 | 2.1 |
| 12 | Cylinder | 27.0 | 13.6 | 2.0 |
| 13 | NR24S | 16.6 | 8.5 | 2.0 |
| 14 | LFT NR3 | 35.2 | 18.1 | 1.9 |
| 15 | Air filter tool | 27.0 | 14.1 | 1.9 |
| 16 | Air filter tool | 20.0 | 12.3 | 1.6 |
| 17 | Face-cutter | 18.0 | 11.3 | 1.6 |
| 18 | 20V 538 | 26.8 | 17.6 | 1.5 |
| 19 | Raina | 11.4 | 7.7 | 1.5 |
| 20 | Boring bar | 19.5 | 13.3 | 1.5 |
| 21 | Con-road | 14.0 | 9.7 | 1.4 |
| 22 | Raina | 18.0 | 13.1 | 1.4 |
| 23 | Disk | 19.0 | 14.2 | 1.3 |
| 24 | Face-cutter | 25.0 | 19.0 | 1.3 |
| 25 | Header | 15.8 | 12.4 | 1.3 |
| 26 | MV538 | 18.0 | 14.3 | 1.3 |
| 27 | MTU 506 | 10.0 | 8.3 | 1.2 |
| 28 | Cyclone block | 11.4 | 9.7 | 1.2 |
| 29 | 871 MVC | 12.0 | 10.3 | 1.2 |
| 30 | Cooling jacket | 12.0 | 10.5 | 1.1 |
| 31 | Foke road | 12.2 | 11.2 | 1.1 |
| 32 | T-cutter | 12.0 | 11.3 | 1.1 |
| 33 | Raina | 11.4 | 10.8 | 1.1 |
| 34 | Jig | 8.0 | 7.6 | 1.1 |
| 35 | 100 φ boring bar | 18.0 | 18.2 | 1.0 |
| 36 | MTU 506-1 | 8.0 | 8.5 | 0.9 |
| 37 | MV871 | 12.0 | 13.0 | 0.9 |
| 38 | Cover | 9.8 | 10.8 | 0.9 |
| 39 | Turbin wheel 2OR | 8.0 | 9.3 | 0.9 |
| 40 | 6NSD | 9.6 | 11.6 | 0.8 |
| 41 | Cover | 10.0 | 12.8 | 0.8 |
| 42 | Injection pump | 8.4 | 11.4 | 0.7 |
| 43 | Main bearing start | 9.0 | 12.3 | 0.7 |
| 44 | Con-road | 7.0 | 9.8 | 0.7 |
| 45 | 356 Con-road | 5.2 | 11.2 | 0.5 |
| Mean ± SD | | 17.8 ± 8.2 | 1.6 ± 0.7 | |
| Range | | 5.2-35.2 | 0.5-3.3 | |

^aRWL: Recommended Weight Limit, ^bLI: Lifting Index

각 들기 작업의 물체무게가 부서별 권고무게를 초과하는 현황은 Table 2와 같다. 전체 45개 들기 작업 중 34개(75.6%) 작업이 LI 1.0을 초과하였고 11개(24.4%)가 LI 2.0을 초과하였다. 다수의 근로자에게 요통 장애가 나타나는 수준인 LI 3.0을 초과한 작업은 자재관리 부서와 T/C 가공조립 부서였다.

대상 사업장 부서별 평균 LI는 Table 3과 같다. 부서별 평균 LI는 자재관리 > T/C 가공조립 > 생산2 > 대형조립 2계 순으로 나타났고, 육상조

립담당에서 가장 낮은 값을 보였다. 나머지 부서는 거의 유사한 값을 나타내었다.

45개의 들기 작업에 대해 유사한 작업끼리 유사노출그룹(Similar Exposure Groups, SEGs)으로 분류하여 세척, 조립, 선삭, 포장, 자재관리 및 가공 등으로 나누어 LI를 산출한 결과는 Table 4와 같고 자재관리 > 가공 > 세척 > 조립 등의 순이었다. 포장 작업은 들기 빈도가 높고 수평위치도 길지만 부품의 무게가 가벼워 전체 6개 작업 중 가장 낮은 값을 나타내었

다.

NLE는 중량물을 취급하는 작업에 의한 요통 예방을 목적으로 작업평가와 작업설계를 위해 중량물의 취급위치, 인양거리, 몸통의 비틀기, 중량물 들기 쉬움 정도, 작업빈도 및 시간 등의 인자를 고려한다. NLE는 중량물 취급시 근로자와 대상물의 수평위치(H), 수직위치(V), 수직이동거리(D), 작업빈도계수(FM), 비틀림 각도계수(AM), 손잡이 형태(C)를 고려하여 근로자가 들기 적절한 부품의 권고 무게(recommended weight limit,

Table 2. Distribution of Lifting Index values by department

| Departments | No. of lifting tasks | No. of tasks by LI range | | | No. of LI ^a >1 (%) |
|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|----------|-------------------------------|
| | | ≤1 | 1-2 | 2< | |
| Large bore machining | 2 | 0 ^b | 2 (100) ^c | 0 | 2 (100) |
| Large bore assembly II | 11 | 2 | 7 (63.6) | 2 (18.2) | 9 (81.8) |
| Small bore machining | 5 | 1 | 3 (60.0) | 1 (20.0) | 4 (80.0) |
| Pretesting | 3 | 1 | 2 (66.7) | 0 | 2 (66.7) |
| Land assembly | 1 | 0 | 1 (100) | 0 | 1 (100) |
| Parts management | 3 | 1 | 0 | 2 (66.7) | 2 (66.7) |
| Production I | 2 | 1 | 0 | 1 (50.0) | 1 (50.0) |
| Medium processing | 8 | 3 | 5 (62.5) | 0 | 5 (62.5) |
| Production II | 7 | 1 | 2 (28.6) | 4 (57.1) | 6 (85.7) |
| T/C bore assembly | 3 | 1 | 1 (33.3) | 1 (33.3) | 2 (66.7) |

^aLI: Lifting Index, ^bNo. of tasks, ^c%

Table 3. Summary statistics of Lifting Indices by department

| Departments | No. of lifting tasks | Weights(kg) | LI ^a |
|------------------------|----------------------|-------------|------------------------|
| | | | Mean ± SD ^b |
| Large bore machining | 2 | 22.3 ± 3.9 | 1.4 ± 0.1 |
| Large bore assembly II | 11 | 19.0 ± 8.9 | 1.5 ± 0.6 |
| Small bore machining | 5 | 15.7 ± 5.9 | 1.5 ± 0.7 |
| Pretesting | 3 | 12.7 ± 6.4 | 1.3 ± 0.4 |
| Land assembly | 1 | 11.4 | 1.1 |
| Parts management | 3 | 22.4 ± 11.7 | 2.4 ± 0.7 |
| Production I | 2 | 16.3 ± 10.3 | 1.4 ± 1.0 |
| Medium processing | 8 | 13.8 ± 6.4 | 1.2 ± 0.4 |
| Production II | 7 | 22.0 ± 9.4 | 1.8 ± 0.7 |
| T/C bore assembly | 3 | 17.9 ± 10.5 | 2.0 ± 1.2 |

^aLI: Lifting Index, ^bSD: Standard deviation

RWL)를 산정하게 된다. RWL은 건강한 근로자가 그 작업조건에서 작업을 최대 8시간 계속해도 재해가 발생하지 않을 중량을 의미한다. LI는 실제 무게가 권고무게를 몇 배를 초과하는지를 나타내는 것으로 LI가 1보다 크면 요통의 발생 가능성이 높은 것이고 반대로 1보다 작은 경우는 요통의 발생 가능성이 낮은 것으로 판정한다. LI가 1보다 크면 일부 근로자에게서, 3을 초과하는 경우 대부분의 근로자에게서 들기 작업과 관련된 요통 발생 위험이 높은 것으로 알려져 있다. 그러므로 LI가 1 이하가 되도록 작업을 설계 또는 재설계할 필요가 있다(Thomas et al., 1999).

2. 공정 별 인간공학적 위험 요인

조사대상 작업의 LI 값에 영향을 미치는 위험요인인 1)부품의 무게, 2)수평·수직 위치, 3)빈도, 4)작업시

간, 5)수직 이동거리, 6)비대칭 각도 그리고 7)커플링 분류 중 어떤 요인에 의한 영향이 큰지를 살펴보았다. 공정 또는 작업형태가 유사한 것끼리 묶어 6개의 유사노출군으로 분류하여 주요 위험요인을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1)세척

세척작업(washing)은 적재대에서 세척할 부품을 들어서 세척통에 넣고 세척 후 다시 대차로 옮기는 작업을 반복한다. 대차나 적재대의 가장자리에 놓여 있는 부품은 수평위치가 최대 63cm로 나타나 LI가 높게 산출되었으며, 무게가 무거운 순서대로 물체를 적재대 앞쪽으로 배열하지 않아 부담은 가중되었다. 그러므로 높이가 조절되는 적재대를 사용하고, 부품을 들 때 대차의 가장자리에 있는 부품은 대차 가까이에서 들게 해야 한다. 시간이 걸리더라도 무거운 부품은 소

형 크레인을 사용하여 세척통으로 옮겨야 한다.

2)조립

조립작업(assembly)은 부품을 디젤엔진에 조립하거나, 시운전을 위한 부품조립을 할 때 들기 작업이 이루어지는데 수평위치가 평균 40.6cm로서 다른 부서에 비해 멀고, 수직 이동거리가 평균 39.4cm, 최대 105cm로서 긴 편임을 알 수 있었다. 이러한 문제는 수직위치가 평균 59.9cm로서 대부분 허리 아래에서 부품을 들기 때문이므로, 높이가 조절되는 대차를 사용함으로써 개선되어야 한다.

3)선삭 및 사상

선삭 및 사상작업(grinding)은 보통 바닥 높이의 대차에서 부품을 들어 작업대로 옮긴 후 쇠톱, 사포, 기계를 이용하여 선삭, 사상 작업을 하였다. 대차에서 부품을 들 때 수직위치는

Table 4. Results of Lifting Indexes by type of tasks or similar exposure group

| Lifting tasks | No. of tasks | Weight of objects(kg) | LI ^a Mean ±SD ^b | Significant risk factors |
|------------------|--------------|-----------------------|--|---|
| Washing | 5 | 22 ± 9.2 | 1.7 ± 0.6 | Heavy objects(average 22.0 kg) Long horizontal distances(max 63 cm) |
| Assembling | 17 | 16.8 ± 7.9 | 1.5 ± 0.8 | Long horizontal distances(average 40.6 cm) Long vertical travel distances(average 39.4 cm) |
| Grinding | 9 | 12.9 ± 3.7 | 1.1 ± 0.3 | Long vertical travel distances(average 37.9 cm) |
| Packing | 2 | 9.0 ± 1.4 | 1.1 ± 0.2 | High lifting frequency(2 lifts/minute) Long vertical travel distances(average 41.0 cm) |
| Parts management | 3 | 22.4 ± 11.7 | 2.4 ± 0.7 | Heavy objects(average 22.4 kg) High lifting frequency(2 lifts/minute) Long vertical travel distances(average 58.3 cm) |
| Processing | 9 | 22.6 ± 7.6 | 1.8 ± 0.6 | Heavy objects(average 22.6 kg) Long horizontal distances(average 45 cm) |

^aLI: Lifting Index, ^bSD: Standard deviation

평균 39.2 cm로서 수직위치가 낮아 LI에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 높이 조절이 되는 대차를 사용하면 작업대와 유사한 높이에서 들기 작업이 이루어지므로 LI를 감소시킬 수 있다.

4) 포장

포장작업(packaging)의 경우 조사 시의 부품의 무게가 가벼웠다. 그러나 지게차가 부품이 쌓인 대차를 포장실 바닥에 놓아주면 근로자가 부품을 들어서 바닥에 놓인 포장지 위에 놓고 포장 후 다시 목함에 넣는 작업을 반복하고 목함 하나에 들어가는 부품이 약 40~50개씩 정도이므로 들기 빈도가 분당 2회로 높았다. 또한 대차에서 들 때도 부품이 여러 층으로 쌓여 있어 가장 자리에 놓인 경우는 수평 위치가 63 cm 이상으로 매우 길었으며, 바닥에 부품을 놓기 때문에 수직 이동거리가 41.0 cm이었다. 그러므로 포장 작업의 경우 특히 들기빈도와 수평 위치 및 수직 이동거리에 대한 개선이 필요하였다. 개선대책으로 포장대를 허리 높이 정도로 만들어 지게차로 실어온 부품을 포장대 위에 놓고 포장 후 같은 높이의 목함에 넣는 것이 허리에 가장 무리를 적게 줄 수 있는 방법이다. 포장대와 목함의 높이를 같게 함으로써 수평·수직 위치를 줄일 수 있기 때문이다.

5) 자재관리

자재관리(part management)에서 LI가 가장 높게 나타난 원인은 부품의 무게가 무겁고(평균 22.4 kg), 들기 작업 시의 작업빈도가 분당 2회로 포장작업과 함께 가장 높았으며, 자재 창고 적재대의 높이가 다양해서 수직 이동거리가 평균 58.3 cm, 최대 120 cm로 나타났다. 또한 비대칭 각도(평균 53.3°, 최대 120°)와 커플링 상태(3개 부품 중 2개 불량)도 가장 나쁜 상태였다. 다양한 요인이 복합적으로 LI

에 영향을 미치므로 호이스트 등의 기계적 설비를 이용한 들기 작업이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

6) 가공

가공작업은 대형 엔진에 부품을 부착하여 연삭, 보링(boring)하는 작업으로 근로자가 직접 부품을 들어서 스피들에 정확히 부착시켜야 한다. 가공작업(processing)은 부품의 무게가 무겁고(평균 22.6 kg; 최대 30 kg), 날카로운 가공부품의 특성상 커플링 상태(9개 부품 중 6개 불량)가 적절하지 못하였다. 또한 부품을 엔진설비에 장착해야 하는 작업특성으로 인하여 허리 비틀림(비대칭 각도 평균 36.7°)이 많이 발생하였다.

본 사업장의 전체 들기 작업의 평균 수평 위치는 30~60 cm로 수평 위치가 적절하지 않는 상태였고 수직 거리 또한 부적절한 경우가 많았다. 그러므로 LI를 낮추기 위해서는 최대한 가까이에서 부품을 들어야 하고 대차를 높여 작업대 위치와 비슷하게 하여 수직 높이를 줄여야 한다. 본 사업장은 취급하는 대형 디젤엔진의 부품 무게가 중량물이고 부품을 들 때 수평 및 수직 위치가 먼 것이 LI를 크게 한 주요 요인이었다. 그러므로 부품을 들 때 호이스트나 이동 트랩, 인공보조 팔 등의 보조 장치를 이용하거나, 수평·수직 위치 등을 줄이기 위해 작업환경을 재배열하거나 재설계하도록 한다. 즉, 최대한 가까이에서(<25 cm) 부품을 들고, 적재대를 근로자의 허리높이로 조절하여 수직 위치가 70~90 cm 높이에서 들게 해야 한다. 또한 취급부품의 무게에 따라 부품을 적재해 두는 것도 중요하다. 무거운 부품일수록 근로자가 쉽게 들 수 있는 위치에 두어야 한다.

들기 작업은 작업환경과 취급 부품의 무게에 따라 근로자에게 미치는 영향이 달라진다. 위험도가 큰 작업

의 순위를 정할 때 사용되는 기준은 LI이다. 들기 작업에서 산출된 RWL보다 더 무거운 부품을 들 때는 부품의 무게를 줄이거나 RWL을 높이면 LI는 낮아지게 된다. 그러나 각 취급 부품 무게는 생산품목에 따라 쉽게 변경하기 어려우므로 작업조건을 변경시켜 RWL을 최대한 높일 수 있도록 하여야 한다.

권은혜(1998)가 자동차 조립 사업장에서의 LI는 1.8 ± 1.9 로 본 연구에서 얻은 값보다 약간 높았다. 이러한 이유는 각 연구에 사용된 관찰대상군의 차이를 들 수 있겠다. 관찰 대상군이 제조업이지만 대형 디젤엔진을 만드는 작업으로 들기 작업보다는 조립과 선삭 및 연마작업이 많기 때문에 중량물을 취급하지만 들기 빈도가 낮아서 LI가 낮게 나타난 것으로 보여진다.

V. 결론

본 연구는 선박용 대형 디젤엔진 생산 사업장의 대형가공계, 대형조립 2계, 소형 가공계, 시운전담당, 육상 조립담당, 자재관리, 중형 가공계, 생산1, 생산2, T/C 가공의 10개 부서 24명의 근로자를 대상으로 45개 들기 작업에 대해 NLE를 이용하여 그 위험성을 평가하고 인간공학적인 개선 방안을 도출하기 위해 실시하였다. 연구결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 전체 45개 들기 작업에서 취급되고 있는 물체 무게는 17.8 ± 8.2 kg였고, 최고 무게는 35.2 kg였다. 이들 작업에 대한 NLE 들기지수(LI = 물체 무게/권고무게)는 1.6 ± 0.7 로 평균값이 권고기준을 초과하였다. 전체 연구 대상 들기 작업 중 LI가 1을 초과하는 작업이 34개(75.6%), 2를 초과하는 작업이 11개(24.4%), 3을 초과하는 작업이 2개 있었다. 따라서 본 조사 대상사업장의 들기 작

업을 수행하는 근로자는 요통발생 위험이 높은 수준이었으며 이의 위험을 줄이기 위한 개선대책이 시급히 필요하였다.

2. 전체 연구 대상 45 개의 들기작업을 유사노출그룹(SEGs)으로 분류하여 세척, 조립, 선삭, 포장, 자재관리 및 가공 등으로 나누어 평균 LI를 산출한 결과, 자재관리(2.4) > 가공(1.8) > 세척(1.7) > 조립(1.5) 등의 순으로 나타났으며 LI, 즉 위험도가 높은 순부터 우선적인 개선이 요구된다. 업무는 다른 부서에서 필요로 하는 다양한 부품을 운반·공급하고 있어 부품 취급 빈도가 높기 때문에 LI가 높게 나타났다.

3. 선박용 디젤엔진이라는 제품 특성상 부품이 크고 무겁고, 수평위치(30~60cm)가 너무 먼 것이 공통적인 인간공학 위험인자였다. 이러한 위험요인 외에도 공정에 따라 먼 수직이동 거리, 높은 들기빈도, 긴 작업시간 등이 위험요인으로 나타났다.

4. 본 사업장의 들기 작업의 수평

위치와 수직위치가 부적절한 경우가 많으므로 물체를 들 때 최대한 가까이에서 부품을 들어야 하고 대차를 높여 작업대 위치와 비슷하게 하여 수직 높이를 줄여야 한다. 즉, 최대한 가까이에서(수평위치를 최소로 하여) 부품을 들 수 있도록 그리고 적재대의 높이 조절 등을 통해 적절한 높이에서 부품을 들 수 있도록 작업환경을 재배열하거나 재설계하는 것이 필요하다. 또한 부품을 들 때 호이스트나 이동 트랩, 인공보조 팔 등의 보조 장치를 이용하는 방안을 강구하는 것이 필요하다.

REFERENCES

권은혜, 백남원. 자동차 조립부서 Manual Lifting 작업에 관한 인간공학적인 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(1):1-23
 노동부. 산업재해 현황분석. 노동부; 1996.
 노동부. 산업재해 현황분석. 노동부; 2003a.

노동부. 노동부령 제 195 호, 산업보건기준에관한규칙개정령 산업보건기준에관한규칙, 제9장 근골격계부담작업으로 인한 건강장해 예방. 노동부; 2003b.

백남원. 산업위생관리. 신광출판사; 1995.

서승록, 임완희. 작업장에서의 요통재해 발생 원인과 인간공학적인 대책에 관한 연구. 대한인간공학회 1999;300-305

이관형, 박정선, 이경용 등. 작업관련성 요통발생 실태에 관한 조사연구-작업관련성 요통을 중심으로. 한국산업안전공단 산업보건연구원; 1996.

Bhattacharya A and McGlothlin JD. Occupational Ergonomics - Theory and Application. NY: Marcel Dekker, Inc.; 1996.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. DHHS(NIOSH) Publication No.1-52. Cincinnati, Ohio: NIOSH; 1994.

Thomas R, Waters TR, Sherry L et al. Evaluation of the Revised NIOSH 1999;24(4):386-395