

An analysis of grip strength of Heavy Industry Workers

Kyunghwan Park¹, Yuchang Kim¹, Daesu Kim¹

¹Department of Industrial Management Engineering, Dong-Eui University, Busan, 614-714

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research is to identify various variables affecting grip strength targeting 327 workers at Heavy Industries and is to find out the impacts of grip strength on WMSDs. **Background:** The WMSDs are known to occur more in upper extremity than lower extremity, and such a ratio is increasing each year. The motions or repeated work requiring excessive strength beyond worker's maximum grip strength were known as a major cause of the WMSDs in upper extremity. To prevent the WMSDs in upper extremity, research on the grip strength characteristics analysis of field workers that can be used as basic data for work design and manual tool design is needed. **Method:** This research measured the grip strength of 327 field workers at Heavy Industries, and also conducted a questionnaire survey on individual characteristics and job characteristics. **Results:** As a result of analyzing grip strength, the grip strength was statistically significant ($P < 0.1$), according to the body surface area (BSA) of the research subjects. The differences between percentile groups of grip strength were statistically significant ($P < 0.1$) according to pain levels of hand/wrist/finger and arm/elbow. The comparison results between the average grip strength of Korean adult males and the average grip strength of the survey-targeted heavy industry workers show that the average grip strength of the heavy industry workers was higher by 9.75kg. **Conclusion:** This research analyzed relationship between grip strength and the pain levels of hand/wrist/finger and arm/elbow, and compared the findings in this study with those of existing preceding studies. Also, this research comparatively analyzed the grip strength of Korean adult males and survey-targeted heavy industry workers. **Application:** The findings of this research can be used as useful data for ergonomic work design and manual tool design to prevent WMSDs at industrial worksites, given that almost no data on the grip strength of workers in the industrial sites are found in Korea.

Keywords: Grip strength, WMSDs, Journal of the Ergonomics Society of Korea

1. Introduction

산업이 발달함에 따라 작업과 관련하여 누적외상성 질환(Cumulative Traumatic Disorders, CTDs)이나 근골격계질환(Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs) 등으로 불리는 새로운 질환들이 발생하고 있다(Kim and Bae, 2005). 국내 근골격계질환 발병률은 2007년을 기점으로 점차 감소하는 추세를 보이고는 있지만 여전히 높은 발병률을 보이고 있는 실정이다(MOEL, 2013). 또한 자영업자나 농작업자 등은 통계에서 제외되어 있기 때문에 실제 근골격계질환 발생 건수는 보고된 것보다 훨씬 많을 것으로 예상된다(Kim, 2011). 이처럼 사회적으로 이슈가 되고 있는 근골격계질환은 하지보다 상지에서 더 높게 나타난다고 알려져 있다(Baker, 1955). 한국산업안전보건공단의 2012년 산업재해원인조사보고서에

따르면 업무와 관련된 작업 관련성 근골격계질환자의 질병부위별 발생현황에서 상지의 비율이 45.9%, 체간(몸통) 43.1%, 하지 10.3%, 경추 0.7%로 상지의 근골격계질환자 수 비율이 가장 높은 것으로 나타났으며, 상지 근골격계질환 발생 비율은 매년 증가하고 있는 추세이다(KOSHA, 2013).

이러한 상지 근골격계질환은 주로 손목의 과도한 굴곡(flexion), 신전(extension), 요골측 편위(radial deviation) 및 척골측 편위(ulnar deviation)에 연관되어 있다(Armstrong et al., 1986). 하지만 대부분의 작업 현장에서 많은 작업들이 손으로 쥐고 힘을 써서 반복적으로 행하는 동작을 요구하고 있다(Lee and Jang, 1997). 또한 손목, 팔꿈치, 어깨 등 관절이 조합된 상태에서 중량물을 운반하거나 수공구를 사용하는 작업동작들이 많이 일어나고 있으며, 작업자에 맞지 않는 작업환경 및 작업동작이 상지 근골격계질환 발생의 주된 원인이 된다(Macleod, 1999).

상지 근골격계질환 발생을 예방하기 위해서는 주요 원인이 되는 손을 사용하여 수행하는 작업의 작업자 최대 악력에 따라 작업 및 수공구는 인간공학적으로 설계될 필요가 있다. 이에 따라 악력에 관한 많은 선행연구들이 활발하게 이루어졌다. 국내의 악력에 관한 연구는 휴식시간과 악력과의 관계에 관한 연구(Seo, 1990; Choi, 1990; Kong et al., 2011; Lim, 2012), 여성 및 노인의 악력에 관한 연구(Kim et al., 2000; Lee et al., 2006; Kim, 2009; Hong et al., 2010; Lee, 2013; Lee, 2014), 일반 한국 성인의 악력에 관한 연구(Lee et al., 1995; Jang et al., 1996; Lee et al., 2011) 등이 있었다. 하지만 실제 산업현장에서의 근골격계질환을 예방하기 위해서 현장 작업자들을 대상으로 한 악력 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 상지 근골격계질환을 예방하기 위해 작업설계 및 수공구 디자인 등의 기초자료로 활용 가능한 현장 작업자들의 악력 특성 분석에 대한 연구가 필요하다.

2. Method

2.1 Subjects

본 연구의 조사대상은 경상남도 소재의 모 중공업에서 근무하는 작업자를 대상으로 실시하였으며, 모 중공업에 근무하는 작업자 중에서 사무실에서 작업하는 작업자와 기타 관리업무(경비, 식당, 운전 기사 등)에 종사하는 작업자는 조사대상에서 제외한 현장 작업자 327명을 대상으로 하였다.

2.2 Study method

본 연구에서는 연구 대상의 악력을 측정하기 위해 디지털 악력계(T.K.K. 5410, Takei, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 자세는 양발을 10cm 정도 벌리고 선 자세에서 악력계의 숫자판이 몸 바깥쪽을 향하게 하며, 악력계를 손가락 제 2관절이 직각이 되도록 폭을 조절하여 잡게 하였다. 견관절은 내전시켜 몸통에 붙이고 주관절은 완전히 신전한 상태로 전완 및 손목은 중립자세에서 파악할 수 있도록 하였다. 또한 상체가 구부러지지 않게 주의 하였다. 주력 손을 3회 반복하여 실시하였으며, 반복되는 측정에 의한 측정자들의 피로를 줄이기 위해 Chaffin(1975)의 연구에서 제안한 2분간의 휴식시간을 가지게 하였다. 연구 대상 327명에 대해 측정된 최대악력 자료를 이용하여 4개의 집단(0~25%tile,

25~50%tile, 50~75%tile, 75~100%tile)으로 분류하였다.

연구 대상자들의 개인적 특성, 근골격계질환 자각증상, 작업 현황 및 작업환경 조사를 위한 설문을 실시하였으며 현장 방문을 통한 작업자 인터뷰를 통해 연구를 수행하였다. 근골격계질환 자각증상 설문지의 구성은 한국산업안전보건공단에서 제공하는 설문지를 기초로 사용하였으며, NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health)의 신체부위 평가기준을 근거로 하였다.

3. Results

3.1 연구 대상자의 체표면적에 따른 최대 악력 %tile 집단

연구 대상자의 키와 몸무게의 관계로부터 Dubois식에 의한 체표면적(body surface area, BSA)을 계산하였으며, 체표면적에 따른 최대 악력 %tile 집단간의 분산분석(ANOVA) 결과 통계적으로 유의하게 나타났다($P < 0.1$). 결과는 Table 1에 나타내었으며 이는 체표면적이 연구대상자의 최대 악력에 영향을 주는 것으로 알 수 있다. Figure 1과 같이 체표면적이 증가함에 따라 악력도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 1. 체표면적에 따른 최대 악력 %tile 집단 분산분석 결과

Source	SS	DF	MS	F	p-value
악력집단	3	1.673	0.55756	46.74	0.000**
Error	323	3.853	0.01193		
Total	326	5.526			

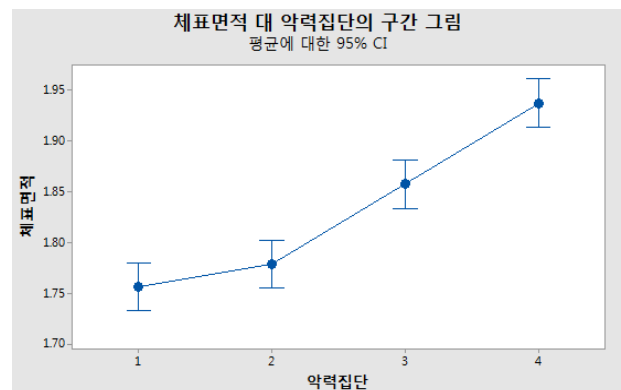


Figure 1. 체표면적에 따른 최대 악력 %tile 집단

3.2 연구 대상자의 연령에 따른 최대 악력 %tile 집단

연구 대상자의 연령에 따른 최대 악력 %tile 집단의 분산분석(ANOVA) 결과 통계적으로 유의하게 나타났다($P < 0.1$). 결과는 Table 2에 나타내었으며 이는 연령이 연구대상자의 최대 악력에 영향을 주는 것으로 알 수 있다. Figure 2와 같이 40세 미만에서는 최대 악력에 큰 차이가 없지만 40세 이상부터 악력이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

Table 2. 연령에 따른 최대 악력 %tile 집단 분산분석 결과

Source	SS	DF	MS	F	p-value
악력집단	3	5,894	1964.8	23.20	0.000**
Error	323	27,351	84.68		
Total	326	33,245			

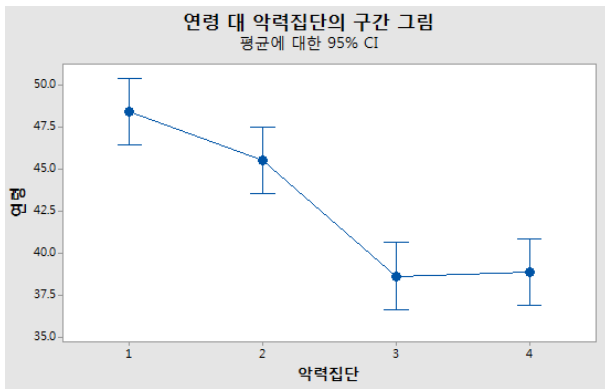


Figure 2. 연령에 따른 최대 악력 %tile 집단

3.3 연구 대상자의 최대 악력 %tile 집단 간 손/손목/손가락 통증 정도에 따른 수준의 비교

연구 대상자의 최대 악력 %tile 집단 간 NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health)의 신체부위 평가기준에서 근골격계질환 판정 기준 중 하나인 손/손목/손가락 통증 정도에 따른 수준을 비교하기 위해 교차분석 (Chi-Square Test)을 한 결과 통계적으로 유의하게 나타났다 ($P < 0.1$). 손/손목/손가락의 중간 통증 이상을 느끼는 연구 대상자들은 25~50%tile 집단에 23명 (41.1%)으로 가장 많이 분포되어 있으며, 통증이 없는 연구 대상자들은 75~100%tile 집단에 66명 (28.9%)으로 가장 많이 분포되어 있다. 따라서 악력이 약한 사람일수록 작업 중 손/손목/손가락에 통증을 많이 느낀다는 것을 알 수 있다.

Table 3. 최대 악력 %tile 집단 간 손/손목/손가락 통증 정도에 따른 수준의 비교 결과

구분	0~25 %tile	25~50 %tile	50~75 %tile	75~100 %tile	Total
통증 없음	45 (19.7%)	58 (25.4%)	59 (25.9%)	66 (28.9%)	228 (100.0%)
약한 통증	15 (34.9%)	8 (18.6%)	10 (23.3%)	10 (23.3%)	43 (100.0%)
중간 통증 이상	23 (41.1%)	16 (28.6%)	11 (19.6%)	6 (10.7%)	56 (100.0%)
Total	83 (25.4%)	82 (25.1%)	80 (24.5%)	82 (25.1%)	327 (100.0%)

3.4 연구 대상자의 최대 악력 %tile 집단 간 팔/팔꿈치 통증 정도에 따른 수준의 비교

연구 대상자의 최대 악력 %tile 집단 간 NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health)의 신체부위 평가기준에서 근골격계질환 판정 기준 중 하나인 팔/팔꿈치 통증 정도에 따른 수준을 비교하기 위해 교차분석 (Chi-Square Test)을 한 결과 통계적으로 유의하게 나타났다 ($P < 0.1$). 팔/팔꿈치의 중간 통증 이상을 느끼는 연구 대상자들은 25~50%tile 집단에 20명(42.6%)으로 가장 많이 분포되어 있으며, 통증이 없는 연구 대상자들은 75~100%tile 집단에 72명(29.8%)으로 가장 많이 분포되어 있다. 따라서 악력이 약한 사람일수록 작업 중 팔/팔꿈치에 통증을 많이 느낀다는 것을 알 수 있다.

Table 4. 최대 악력 %tile 집단 간 팔/팔꿈치 통증 정도에 따른 수준의 비교 결과

구분	0~25 %tile	25~50 %tile	50~75 %tile	75~100 %tile	Total
통증 없음	53 (21.9%)	54 (22.3%)	63 (26.0%)	72 (29.8%)	242 (100.0%)
약한 통증	10 (26.3%)	16 (42.1%)	9 (23.7%)	3 (7.9%)	38 (100.0%)
중간 통증 이상	20 (42.6%)	12 (25.5%)	8 (17.0%)	7 (14.9%)	47 (100.0%)
Total	83 (25.4%)	82 (25.1%)	80 (24.5%)	82 (25.1%)	327 (100.0%)

3.5 연령대별 조사대상 중공업 근로자의 악력과 대한민국 성인 남성 악력 비교

연구 대상자에 대한 연령별 악력 평균을 2007년 한국기술표준원에서 실시한 근력 인체치수 조사 결과를 근거로 대한민국 성인 남성의 연령별

악력 평균과 비교한 결과 각 연령별로 조사대상 중공업 근로자의 악력이 일반 성인 남성의 악력보다 평균 $9.75 \pm 1.43\text{kg}$ 높게 나타났다.

Table 5. 연령대별 조사대상 중공업 근로자의 악력과 대한민국 성인남성 악력 비교 결과

구분	대한민국 성인 남성 평균(kg)	조사 대상 중공업 근로자 평균(kg)	차이 값 (kg)
19~24세	43.2	53.3	10.1
25~29세	44.1	53.5	9.4
30~34세	43.5	54.9	11.4
35~39세	44.4	56.4	12.0
40~44세	42.0	52.2	10.2
45~49세	40.5	49.8	9.3
50~54세	40.2	47.9	7.4
55~59세	38.5	46.7	8.2
평균 (표준편차)	42.05 (1.98)	51.84 (3.18)	9.75 (1.43)

4. Conclusion

본 연구는 중공업 작업자를 대상으로 최대 악력을 측정하였으며, 인체측정치와의 상관관계를 분석하였다. 또한 근골격계질환 자각 증상 판정에서 가장 중요한 영향을 미치는 통증 정도와의 관계를 분석하였으며, 일반 성인 남성과 중공업 근로자의 악력을 비교하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 중공업 작업자의 체표면적(BSA)과 악력의 관계를 분석한 결과 체표면적이 넓을 수록 악력도 증가한다는 것을 알 수 있었으며, 이는 Chatterjee와 Chowdhuri(1991)의 연구 결과와 일치함을 보였다.
- 2) 중공업 작업자의 연령과 악력의 관계를 분석한 결과 연령에 따라 최대 악력의 차이가 있으며, 40세 미만에서는 큰 차이가 없었지만 40세 이후 악력 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과는 악력은 20대까지는 증가하며 20대 이후 연령의 증가에 따라 일반적으로 감소한다고 발표한 Mathiowetz et al., (1985)의 연구결과와 다르게 나타났다. 이는 연구대상이 중공업 근로자이기 때문에 작업 중 근육활동의 반복운동으로 30대까지 근력이 증가되었기 때문이라 판단된다.
- 3) 연구 대상자의 최대 악력 %tile 집단 간

NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health)의 신체부위 평가기준에서 근골격계질환 자각 증상 판정 기준 중 하나인 손/손목/손가락과 팔/팔꿈치의 통증 정도에 따른 수준을 비교한 결과 통계적으로 유의하였다. 이는 악력이 약한 사람일수록 손/손목/손가락 및 팔/팔꿈치의 근골격계질환 발병률이 높음을 보여주며, 적절한 진단과 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4) 연구 대상자에 대한 연령별 악력 평균을 대한민국의 성인 남성의 연령별 악력 평균과 비교한 결과 조사대상 중공업 작업자의 악력이 전 연령에서 평균 $9.75 \pm 1.43\text{kg}$ 높게 나타났다. 이는 중량물을 많이 취급 하는 중공업의 특성상 고용단계에서 건강한 사람들이 뽑히며, 건강한 사람들이 근로자로 남게 되고 건강하지 못한 사람들은 일을 그만두게 되는 McMichael(1974)이 발표한 건강 근로자 효과(Healthy worker effect)의 요소인 건강근로자 고용효과 및 건강근로자 생존효과의 영향으로 판단된다.

본 연구의 결과는 산업현장의 작업자 악력 크기에 대한 자료가 거의 없는 우리나라의 실정을 감안 할 때 산업현장에서 작업 관련성 근골격계질환의 예방을 위해 인간공학적 작업설계 및 수공구 디자인 등의 유용한 자료로 사용될 것이다. 또한 본 연구결과를 통해 산업현장에서의 관리자와 경영주들이 악력과 관계되는 특성 요인들을 잘 파악하여 현장에 적용 개선한다면, 근골격계질환 예방뿐만 아니라 기업의 생산성도 크게 향상시켜 기업에 많은 이익을 가져다 줄 것으로 기대된다.

References

- Armstrong T. J., "Ergonomics and cumulative trauma disorders", *Hand Clinics*, 2, 553-566, 1986.
- Baker K., "Repetitive strain injury - A review of the legal issue", *Physiotherapy*, 81, 103-106, 1995.
- Choi, J. S., "The effects of the number of test trials and the extent of rest on rest on hand grip strength", 1990.
- Hong, G R., Lee, Y. K., Park, Y. S., Oh, E. M., "The Impacts of Difficulty on Daily Activities, Grip Strength, and Activities of Daily Living on Perceived Health in Community-living Older Adults", *Journal of Muscle Joint Health*, 17(2), 192-202, 2010.
- Jang, G P, Lee, D. C., "An analysis of grip strength for Korean adults", *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 16(1), 78-83, 1997.
- Kim, G, Lee, J H, Lee, S. G, Kang, Y. G, Lee, H. T., Lee, Y. J., Bae, C. Y., "The relationship between grip strength and radius bone mineral

density in postmenopausal women”, *Journal of Family Medicine of Korea*, 21(4), 2000.

Kim, S. H., “Clinical Article : The Standard Value of Anthropometric Factors, Grip and Key Pinch Strength in the Elderly”, *Journal of Sports Medicine of Korea*, 28(2), 182-188, 2006.

Kim, Y. C., Bae, C. H., “ Study of the Relation Between Work-Related Musculoskeletal Disorders and Job Stress in Heavy Industry”, *Journal of the Korean Society of Safety*, 21(4), 108-113, 2006.

Kim, Y. C., “ A Survey on Ergonomic Evaluation Methods of Agricultural Work for Preventing WMSDs”, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 30(4), 465-472, 2011.

Korea Occupational Safety & Health Agency, “2005 Survey of Occupational Accidents and Diseases”, 2006

Korea Occupational Safety & Health Agency, “2006 Survey of Occupational Accidents and Diseases”, 2007

Korea Occupational Safety & Health Agency, “2007 Survey of Occupational Accidents and Diseases”, 2008

Korea Occupational Safety & Health Agency, “2010 Survey of Occupational Accidents and Diseases”, 2011

Korea Occupational Safety & Health Agency, “2012 Survey of Occupational Accidents and Diseases”, 2013

Kong, Y. G., Sohn, S. T., Han, J. G., “A Review Study for Grip Strengths of Hand”, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 29(5), 715-725, 2010.

Lee, D. C., Jang, G. P., “An Analysis of Grip Strength for Korean Adults”, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 16, 73-83, 1997.

Lim, G. M., “A study on the effects of resting time and trial on the maximum grip and finger strength”, *Sungkyunkwan university*, 2012.

Lee, G. S., Woo, K. J., Shim, J. H., Lee, G. H., “Clinical Study of Grip and Pinch Strength in Normal Korean Adult”, *Journal of Korean Orthop*, 30(6), 28-37, 1995.

Lee, H. J., Park, M. S., Go, Y. J., Yang, Y. J., Bae, J. M., “Correlation Between Muscle Amounts and Grasp Power in the Elderly People, Jeju”, *Epidemiology and Health*, 28(2), 182-188, 2006.

Lee, S. E., “The Relationship Between Hand Grip Strength and Cognitive Function in Older Adults: The Moderating Effect of Regular Exercise”, *Journal of Korea Community Living Science*, 25(1), 28-37, 2013.

Lee, S. J., “Handgrip Strength Test as a tool for Assessing Physical Function in Women with Muscular Pain in the Upper Extremities”, *Konyang university*, 2013.

McMicheal, A. J., Standardized Mortality Ratios and the “Healthy Worker Effect”: Scratching Beneath the Surface, *Journal of Occupational Medicine*, 18(3), 165-168, 1976.

Ministry of Employment and Labor, “2007 Industrial accident examination”, 2008.

Ministry of Employment and Labor, “2008 Industrial accident examination”, 2009.

Ministry of Employment and Labor, “2009 Industrial accident examination”, 2010.

Ministry of Employment and Labor, “2010 Industrial accident examination”, 2011.

Ministry of Employment and Labor, “2011 Industrial accident examination”, 2012.

Ministry of Employment and Labor, “2012 Industrial accident

examination”, 2013.

Macleod, D., “The office ergonomics kit”, *Lewis Publishers*, 1999.

Author listings

KyungHwan Park: khpark77@deu.ac.kr

Highest degree: Department of Industrial Management Engineering, Dong-eui University

Position title: Master course, Department of Industrial Management Engineering, Dong-eui University

Areas of interest: Ergonomics, Industrial Safety, WMSDs, Job Stress, Human Error

YuChang Kim: yckim@deu.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, KAIST

Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Dong-eui University

Areas of interest: Ergonomics, Industrial Safety, WMSDs, Job Stress, Human Error

Daesu Kim: Daesukim@hotmail.com

Highest degree: Ms, Department of Industrial Management Engineering, Dong-eui University

Position title: Ph.D. course, Department of Industrial Management Engineering, Dong-eui University

Areas of interest: Ergonomics, Industrial Safety, WMSDs, Job Stress, Human Error