

# Grip Strength of Pliers on the Maximum Gripping Task for Females

Yong-Ku Kong, Dae-Min Kim, Ji-Soo Park, Sung-Yong Lee, Kyeong-Hee Choi\*

Department of Industrial Engineering, The University of Sungkyunkwan, Suwon, 440-746

## ABSTRACT

**Objective:** The primary purpose of this study was to evaluate the effects of various grip spans of pliers on the resultant force and subjective discomfort in female users. **Background:** Despite the automation of facilities, many workers were still using hand-tools such as wrench, screwdriver, and pliers. Those hand-tool users are having trouble with hand-related musculoskeletal disorders. Especially females tend to have a higher rate of hand-related musculoskeletal disorders than males. **Method:** A total of 26 females who had no history of upper extremity musculoskeletal disorders (MSDs) were participated in this study. All female participants were asked to exert a maximum grip force with three repetitions, and to report the subjective discomfort rating for five grip spans of pliers (45, 50, 60, 70, 80mm). **Results:** Results showed that the effects of grip span were statistically significant on the total grip strength, resultant force, and subjective discomfort rating in this study. The lowest total grip strength was obtained from the grip span of 80mm. For resultant force, the 50mm and 60mm grip spans showed also significantly higher resultant force. The lowest subjective discomfort was observed in the 50mm span. **Conclusion:** Based on the study, the 50mm and 60mm grip spans which provided highest resultant force as well as lowest discomfort rating might be recommendable for the female pliers users. **Application:** The results of the study might help to reduce hand-related musculoskeletal disorders and perform efficient task in the real-work environment.

Keywords: Grip span, Pliers, Female, Maximum gripping task, Subjective discomfort rating

## 1. Introduction

대부분의 산업현장들이 자동화되었음에도 불구하고 근로자들은 여전히 반복적이고 신체 특정부위에 부하가 발생하는 근골격계 부담작업을 수행해야 한다. 이로 인한 근골격계 질환은 전체 업무상 질병의 약 70%를 차지하여 그 심각성이 사회전반에 걸쳐 대두되고 있는 실정이며(노동부, 2012), 특히 수공구 사용으로 인한 재해는 미국 산업재해의 10%를 차지하고 있다(Bureau of Labor Statistics, 1995-2001).

수공구 사용과 관련된 근골격계 질환으로는 손목터널 증후군(Carpal tunnel syndrome), 방아쇠 수지 증후군(Trigger finger disease), 건초염(Tenosynovitis) 등이 있다. 특히 손목터널 증후군은 빠른 손동작이 반

복되거나 손목이 꺾이는 작업에서 발생하는 대표적인 직업성 질환으로 잘 알려져 있는데, 미국의 경우 이로 인한 업무 결손일이 28일에 달하여 골절로 인한 업무 결손일(30일)에 이어 두 번째로 많은 것으로 보고되고 있다(US Bureau of Labor Statistics, 2007).

이에 따라 수공구와 관련된 질환을 줄이고자 수공구의 최적설계에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 파지폭은 손가락 근육의 스트레스와 악력에 영향을 끼치는 주요요소이다. 따라서 많은 지침서들이 파지폭의 중요성에 대해서 언급하고 있지만 대다수는 '너무 넓은 파지폭은 수공구 사용에 불편을 준다' 정도의 미흡한 가이드라인만을 제시하고 있다.

Frasson and Winkle(1991)의 연구에서는 남성의 최적 파지폭을 55~65mm, 여성의 최적 파지폭을 50~60mm라고 제시하고 있으나, 서양인 피실험자들

을 대상으로 했기 때문에 한국인의 수공구 설계에 적용하기에는 무리가 있다. 또 다른 연구 Kong et al.(2014)은 남성의 최적 파지폭을 50mm라고 제시하고 있으나 여성의 파지폭에 대한 내용은 다루고 있지 않다.

대부분의 연구들이 남성 근로자 위주로 수행되었으며 여성을 위한 연구는 턱없이 부족한 것으로 나타났다. Bernard et al.(1997)의 연구에서는 대다수의 여성들이 작업 형태가 단순하고 수작업 위주로 이루어지는 작업장에 고용되어 있기 때문에, 근골격계 질환의 유병률이 높다고 밝혔다. 게다가 여성의 손목터널 증후군 유병률은 남성보다 3배 이상 높은 수치를 보였으며 중년여성에게서 특히 높은 수치가 관찰되었다(Phalen, 1972; Frederick et al. 1992). Hales and Bernard(1996)와 Lassen et al.(2005)은 여성의 높은 손목터널 증후군 유병률은 근육의 강도, 신체치수, 호르몬의 남녀차이에서 근거한다고 밝혔으며, 이 밖에 경구 피임약의 복용, 난소 적출 수술, 임신과 같이 여성에게서만 나타나는 몇 가지 특성들이 손목터널 증후군과 상관관계가 있다는 연구결과가 있다(Sabour and Fadel, 1970; Vessey et al. 1990; Bjorkqvist et al. 1977; Pascual et al. 1991; Wand, 1990). 따라서 여성이 근골격계 질환으로 겪게 되는 어려움은 남성에 비해 더 클 것으로 예상되며 여성의 근골격계 예방을 위한 연구 필요성이 절실하다.

앞서 살펴보았듯이 여성의 손목터널 증후군의 유병률이 남성보다 높지만, 여성을 대상으로 한 연구는 많이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 파지폭에 따른 여성의 악력, 각 손가락별 힘, 합력, 불편도를 측정하여 최종적으로는 여성을 위한 수공구의 최적 파지폭을 도출하는 것이다.

## 2. Method

### 2.1. Participants

본 연구를 위해 상지에 근골격계 관련 질환 병력이 없는 성인 여성 26명이 참가하였다. 실험참가자의 평균 나이는  $22.9 \pm 2.4$ 세, 키  $161.7 \pm 5.1$ cm, 몸무게  $52.5 \pm 7.4$ kg, 손길이  $16.6 \pm 0.8$ cm, 손너비  $6.9 \pm 1.3$ cm 이다.

### 2.2. Equipment

본 연구를 위해 일반적인 작업 현장에서 사용되는 플라이어의 헤드 부분과 손잡이 부분을 개조하여 파지폭을 자유로이 조절할 수 있도록 하였다. 각 손가락의 힘을 측정하기 위해서 파지하는 부분에 4개의 로드셀(Subminiature Load cell, Model 13, Honeywell)을 삽입하였다(Figure 1). 플라이어의 파지폭은 두 손잡이의 가장 넓은 부분(중지)을 기준으로 총 5가지(45mm, 50mm, 60mm, 70mm, 80mm)를 선정하였다(Figure 2).

로드셀에서 측정된 모든 힘은 National Instrument USB-6008 DAQ board를 이용하여 컴퓨터로 전송하였으며, 전송된 데이터는 LabVIEW를 이용하여 실시간으로 측정하였다.

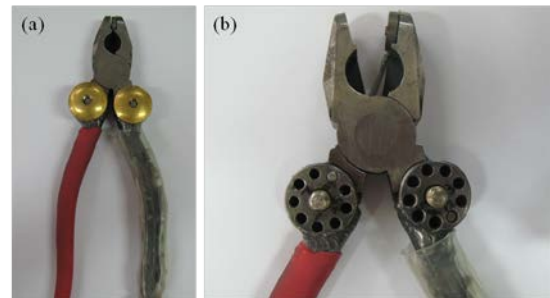


Figure 1 Custom-made pliers (a)

Principle of adjustable grip span of pliers (b)



	45mm	50mm	60mm	70mm	80mm
Index	43.79	47.18	55.41	60.80	67.90
Middle	45.00	50.00	60.00	70.00	80.00
Ring	39.16	48.19	63.39	75.96	91.41
Littel	32.09	42.26	59.95	75.43	95.33

Figure 2 Specification of custom-made pliers

### 2.3. Experimental Design

독립 변수로 5가지 파지폭(45mm, 50mm, 60mm, 70mm, 80mm)을 선정하였으며, 종속변수로는 총 악력과 각 손가락별 힘, 합력 그리고 10점 척도의 주관적 불편도를 선정하였다.

통계분석은 SPSS(ver. 18.0)을 사용하여 ANOVA를 수행하였으며, 다중비교 방법은 Tukey HSD를 선택하여 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 검증하였다.

## 2.4. Experimental Procedures

실험 전, 상지의 근골격계 질환의 유무를 조사한 뒤 실험 참가자의 기본정보와 신체치수를 측정하였다. 본격적인 실험에 앞서 실험 자세와 방법에 대한 설명을 한 뒤 파지방법과 사전 연습을 수행하였다. 악력 측정은 주력손을 사용하여 수행하였으며 본 실험에서는 1회당 약 5초간의 악력을 측정하였다. 각 측정 사이에는 약 3분간의 휴식시간을 제공하여 근육의 피로도를 최소화하였다. 측정 후 주관적 불편도를 Borg 10 scale을 사용하여 평가하도록 했으며, 무작위로 5가지 파지폭에 대해 3회씩 총 15회의 최대악력을 측정하였다.

## 3. Results

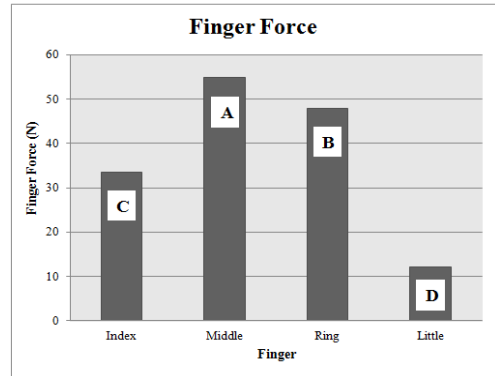
### 3.1 Grip strength

파지폭에 따른 총 악력은 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 ( $p < 0.001$ ), 각 손가락의 악력 역시 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.001$ ). 80mm에서 111N으로 가장 작은 악력을 보였으며 80mm를 제외한 파지폭에서는 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1).

**Table 1** Total Grip Strength over Grip Span

Grip Span (mm)	Total Grip Strength (N)
45	152.6 <sup>A</sup>
50	159.7 <sup>A</sup>
60	158.5 <sup>A</sup>
70	148.9 <sup>A</sup>
80	110.7 <sup>B</sup>

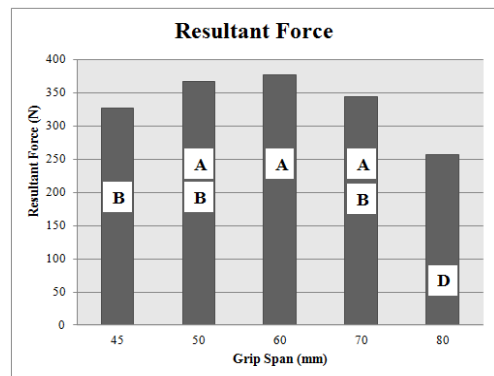
손가락별 힘에서 가장 큰 힘을 보인 손가락은 중지 (55N)이며 다음으로는 약지 (48N), 검지 (33N), 소지 (12N) 순으로 각각 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 ( $p < 0.001$ ) (Figure 3).



**Figure 3** Individual Finger Force in Maximum Grip Strength

### 3.2 Resultant Force

플라이어의 턱에 물리는 합력은 파지폭에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 ( $p < 0.001$ ). 50mm, 60mm 그리고 70mm 파지 폭에서 각각 367N, 377N, 344N으로 가장 큰 합력을 나타냈으며, 80mm에서 257N으로 유의하게 낮은 합력을 나타냈다 (Figure 4).



**Figure 4** Resultant Force over Grip Span

### 3.4 Subjective Discomfort Rating

최대 악력 측정 시, Borg 10 scale을 이용하여 측정된 주관적 불편도는 파지폭에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.001$ ). 50mm 파지폭에서 2.7점으로 가장 낮은 불편도를 보였으며, 50mm보다 크거나 작은 경우 불편도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 80mm 파지폭에서는 7.8점으로 가장 높은 불편도를 나타냈다 (Figure 5).

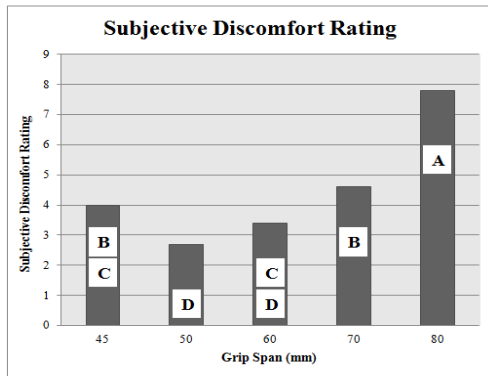


Figure 5 Subjective Discomfort Rating Over Grip Span

#### 4. Conclusion

본 연구는 상지의 근골격계 질환 병력이 없는 20대 여성 26명을 대상으로 하였다. 본 연구를 위해 시중에서 판매되는 플라이어를 파지폭을 변경할 수 있도록 개조하였으며 실험을 통하여 총 악력, 손가락별 힘, 합력, 주관적 불편도를 측정하였다.

실험 결과 80mm 파지폭에서 유의하게 작은 악력과 높은 불편도를 관찰할 수 있었다. 합력은 50mm와 60mm 파지폭에서 가장 크게 나타났으며, 가장 낮은 주관적 불편도는 50mm 파지폭에서 관찰되었다. 이러한 실험 결과를 토대로 여성의 최적 파지폭이 50~60mm라는 결론을 도출하였다.

본 연구는 다양한 작업자세와 작업조건들을 고려하지 않고 최대악력에 대해서만 제한적인 실험을 수행하였다는 점에서 한계가 존재한다. 또한 20대 여성만을 대상으로 하였기 때문에 모든 연령대의 여성을 위한 가이드라인을 제시하기에는 한계가 있다. 따라서 수근관 증후군의 유병률이 특히 높은 중년여성들을 대상으로한 연구가 필요할 것으로 생각되며 더불어 다양한 자세와 작업조건을 고려한 실험이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과가 여성을 위한 수공구 설계에 기초적인 자료로 활용되길 기대하며, 여성의 근골격계 예방에 도움이 되길 바란다.

#### Acknowledgements

This work was funded by grants from Korean Federation

of Science and Technology Societies (Grant- # 2013R1A1A2058347).

#### References

- Bernard, B. P. (Ed.), 1997, Musculoskeletal Disorders and Workplace Factor: A Critical Review for Work-related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity and Low back. NIOSH, Cincinnati.
- Björkqvist, S.E., Lang, A.H., Punnonen, R. and Rauramo, L., 1977, Carpal tunnel syndrome in ovariectomized women, *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 56(2), 127-130
- Bureau of labor statistics, Injury and illness cases part of body affected in hand tools, US Department of Labor, 1995-2001
- Fransson, C. and Winkel, J., 1991, Hand strength: the influence of grip span and grip type, *Ergonomics*, 34(7), 881-892
- Frederick, H.A., Carter, P.R. and William Litter, J., 1992, Injection injuries to the median and ulnar nerves at the wrist. *The Journal of Hand Surgery*, 17(4), 645-647
- Greenberg, L. and Chaffin, D., 1977, Workers and their tools. Midland, MI: Pendell Publishin
- Hales, T.R. and Bernard, B.P., 1996, Epidemiology of work-related musculoskeletal disorders. *The Orthopedic Clinics of North America* 27 (4), 679-709
- Kong, Y.K., Seo, M.T. and Kang, H.S., 2014, Evaluation of total grip strength and individual finger forces on opposing (A-type) handles among Koreans, *Ergonomics*, 57(1), 108-115
- Lassen, C.F., Mikkelsen, S., Kryger, A.I. and Andersen, J.H., 2005, Risk factors for persistent elbow, forearm and hand pain among computer workers. *Scandinavian journal of work, Environment & Health*, 122-131
- Pascual, E., Giner, V., Aróstegui A., Conill, J., RUIZ, M.T. and Pico, A., 1991, Higher incidence of carpal tunnel syndrome in oophorectomized women, *Rheumatology*, 30(1), 60-62
- Phalen, G.S. 1972, The carpal-tunnel syndrome: clinical evaluation of 598 hands, *Clinical orthopaedics and related research*, 83, 29-40
- Sabour, M, S. and Fadel, H.E., 1970, The carpal tunnel syndrome - a new complication ascribed to the 'pill', *American Journal of obstetrics and gynecology*, 107(8), 1265-12677
- US Bureau of Labor Statistics. Nonfatal Occupational Injuries and illnesses Requiring Days Away From Work 2007
- Vessey, M. P., Villard-Mackintosh, L. and Yeates, D., 1990, Epidemiology of carpal tunnel syndrome in women of childbearing age. Findings in a large cohort study, *International Journal of Epidemiology*, 19(3), 655-659
- Wand, J.S., 1990, Carpal tunnel syndrome in pregnancy and lactation. *The Journal of Hand Surgery : British & European Volume*, 15(1) : 93-95

## Author listings

**Yong-Ku Kong:** ykong@skku.edu

**Highest degree:** PhD, Department of Industry Engineering, the Pennsylvania State University

**Position title:** Associate Professor, Department of Industrial Engineering, the Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design, Musculoskeletal Disorders, Hand tools

**Dam-Min Kim:** neojewel@lycos.co.kr

**Highest degree:** M.S., Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Position title:** PhD. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Musculoskeletal Disorders, Hand tools

**Ji-Soo Park:** plusememory@naver.com

**Position title:** B.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design,

**Sung-Yong Lee:** syong1625@naver.com

**Highest degree:** B.D., Department of Industrial Engineering, Hannam University

**Position title:** M.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Musculoskeletal Disorders

**Kyeong-Hee Choi\*:** ckhee@skku.edu

**Highest degree:** B.S., Department of Industrial Engineering, Kyunghee University

**Position title:** M.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design, Musculoskeletal Disorders, Hand tools