

신호봉 손잡이의 최적 굵기 결정에 관한 연구

A Study on the Determination of an Optimal Handle Diameter for a Signal Billy

변승남* · 이동훈*

ABSTRACT

The objectives of this study were twofold; (1) to determine an optimal handle size of a signal billy, based on the subjective assessment of grip comfort and (2) to investigate the relationship between hand anthropometry and the optimal handle size. Thirty-seven university male students were asked to rate seven cylindrical handles of different diameters in barehanded and gloved conditions, respectively.

Among these handles, 3.5 cm diameter of the handle size was found to be the most comfortable, in both barehanded and gloved conditions. However, no statistically significant reduction in grip comfort occurred within handle diameter ranging from 2.5 cm to 4.0 cm. As the handle diameter was deviated from the range, grip discomfort increased significantly.

A Spearman rank correlation coefficient test revealed that hand anthropometries such as finger lengths, hand circumference, and hand thickness were statistically significant factors on the determination of the optimal handle size. The implications of these findings were discussed.

The results of this study can be used as guidelines in designing the hand tools for power grip.

1. 서 론

수공구(Hand tools)는 인류의 역사가 시작된 이래 수많은 시행착오를 거쳐 발전해 왔으며 산업화를 통하여 현재 널리 사용되고 있는 형태의 다양한 종류의 도구들이 개발되었다. 이러한 수공구는 인간의 작업 능력을 향상시켜 생산성을 높이는 데 기여한 반면, 장기간의 사용에 따라 작업자의 손이나 손목, 전완, 어깨 등의 상지 부위(Upper extremities)에 손상을 입히는 재해 요인으로 작용하였다.[5, 25] 미국의 National Safety Council(1983)에 따르면 보상의 대상이 되는 상해(Compensable injuries)의 31%가 손, 손가락, 손목 그리고 전완(Forearm)에서 발생하며 이에 따른 재해 비용은 연간 수 십억 달러에 달하는 것으로 밝혀졌다.[15, 18]

수공구를 장기간 사용함에 따라 발생하는 질병으로는 수근관 증후군(Carpal tunnel syndrome), 건염(Tendinitis), 활액막염(Synovitis), 건활막염(Tenosynovitis), 상과염(Epicondylitis), DeQuervain 증후군(DeQuervain's syndrome), 레이노 병(Raynaud's phenomenon), 활액낭염(Bursitis) 국소 빈혈(Ischemia) 등이 있다.[4, 17, 18, 21] 이러한 질병을 의학적으로 누적외상병(Cumulative Trauma Disorders)이라고 하는 데 이들 질병에 걸릴 경우 손 또는 손목 부위에 극심한 통증을 느끼게 되고 증세가 악화될 경우 손이나 팔을 사용하는 어떠한 일상적인 일도 할 수 없게 된다.

누적외상병의 발병 원인으로는 반복적(Repetitive)이거나 지속적(Sustained)인 손 동작, 수공구의 사용시 손목을 지나치게 꺾는 동작(Wrist deviation), 수공구 사용시 과도한

악력(Grip force)의 발휘, 지나치게 크거나 작은 손잡이 굵기(Handle diameter), 손잡이에 새겨져있는 날카로운 홈(Groove)이나 무늬, 수공구의 사용에 따른 진동(Vibration), 손잡이의 온도, 그리고 장갑의 착용 유무 등이 있다.[6, 15, 18, 21]

전술한 바와 같이 누적 외상병의 발병 원인 중 손잡이의 굵기(Handle diameter)는 수공구 사용시 편리성과 안전성을 결정하는 중요한 요소인 것으로 알려져 있다.[5] 손잡이의 굵기가 손에 비해 작으면 손과 손잡이의 접촉이 불완전해지고 지글근(Finger flexor muscles)이 지나치게 수축되어 손잡이를 잡는데 필요한 수축력(Contraction force)을 발휘하는 데 제약을 받게 된다.[25] 또한 손의 특정 부위에 압력이 집중됨으로써 그 부분에 불편함이나 통증을 느끼게 되기도 한다. 한편 손잡이의 굵기가 손에 비해 크면 손가락으로 손잡이를 충분히 감아쥐지 못하게 되어 적절한 굵기의 손잡이를 잡을 때에 비해 더 큰 악력을 발휘해야만 하기때문에 손에 가해지는 부하가 급격히 증가하게 된다.[20] 이러한 부하로 인하여 손은 빨리 피로하게 되며 오래동안 손잡이를 잡고 작업할 수 없게 된다. 이와같이 수공구는 장기간 사용할 경우 과도한 피로와 지나친 부하로 인해 누적 외상병과 같은 질병을 손 부위에 유발시키는 원인으로 작용하게 된다.

손잡이의 최적 굵기(Optimal handle diameter)는 손잡이를 잡는 grip의 형태인 precision grip과 power grip에 따라 달라지게 된다. Power grip에 대한 손잡이의 최적 굵기를 결정하기 위한 많은 연구가 구미 선진국에서 수행되어 왔다.[7, 10, 14, 20] 이들 연구의 대부분은 손잡이의 최적 굵기를 결정하

기 위해 손의 치수(Hand anthropometry), 손잡이를 잡고 발휘할 수 있는 악력 또는 염력(Grip torque)의 크기, 일정시간 손잡이를 잡고 작업을 한 후 발생하는 피로의 정도, 부상율(Injury rate) 등을 척도(Criteria)로 사용하는 것으로 나타났다.[12, 15]

Ayoub and Lo Presti(1971)에 따르면 원통형 손잡이(Cylindrical handle)의 경우, 손잡이의 지름이 5.1 cm일 때 전완에 위치한 수축근(Finger flexor muscles)과 굴근(Finger extensor muscles)의 근전도 값(Activities of electromyography)이 가장 낮았다. 그러나 근전도 값과 발휘 악력의 크기를 동시에 고려하면 손잡이의 지름이 3.8 cm일 때 최적인 것으로 밝혀졌다. 또한 손잡이의 지름이 3.8 cm 일 때 작업 수행에 따른 근육의 피로가 가장 적게 나타났다. Pheasant and O'Neil(1975)은 여러개의 스크류 드라이버를 이용하여 손잡이의 최적 굵기를 규명하였는데 피실험자들은 손잡이의 지름이 5.0 cm일 때 최대 염력을 발휘하는 것으로 밝혀졌다. Greenberg and Chaffin(1977)은 power grip의 적정한 굵기로 5.0 cm~8.5 cm를 제시하였으며 이중 5.0 cm가 최적이라고 주장하였다. Drury(1980)는 인력물자 취급작업(Manual materials handling tasks)을 대상으로 하여 최적의 손잡이 굵기를 조사한 결과, 지름이 2.5 cm에서 3.8 cm일 때 작업후 피로에 따른 악력의 감소가 가장 적었다. 한편 Konz(1990)는 원통형 손잡이의 최적 굵기로 2.5 cm~5.0 cm를 주장하였다. 또한 전동 드릴(Power drill)의 손잡이 굵기를 결정하기 위해 피실험자의 주관적 평가를 이용한 연구에 따르면 사용자들이 편안함을 느끼는 손잡이의 최적 굵기는 3.8 cm로 나타났다.[5]

전술한 바와 같은 연구 결과를 종합해 보면 power grip에 대한 손잡이의 최적 굵기는 대체로 2.5 cm에서 5.0 cm 내에 분포하고 있음을 알 수 있다. 이처럼 손잡이의 최적 굵기가 일정하지 않은 이유는 수공구의 종류 및 수행되는 작업의 특성, 그리고 사용자 군의 신체적 특성(Hand anthropometry)에 따라 달라지기 때문이다.

신호봉(Signal billy)은 주로 교통 경찰관들이 교통의 흐름 및 통제의 목적으로 사용되는 휴대용 경찰 장비이다. 신호봉을 인간공학적 측면에서 살펴보면 경찰관이 오른손 또는 왼손으로 손잡이를 잡고 좌우, 상하로 움직이며 사용한다는 점에서 망치나 칼, 렌치(Wrench), 스크류 드라이버(Screw driver)등과 같은 수공구의 일종이라 할 수 있다. 신호봉을 잡을 때 취하는 grip의 형태는 손잡이를 잡는 모양이 엄지를 제외한 네 손가락으로 손잡이를 잡고 엄지는 손잡이를 휘감아 인지와 맞닿는 power grip이다.

한 연구에 따르면 신호봉을 장기간 사용하는 교통 경찰관의 18.6%가 손목이나 손, 손가락 등에 통증을 느끼고 있는 것으로 나타났다.[1] 이러한 통증의 원인은 손잡이가 지나치게 굵은 데다가 표면 또한 미끄러워 사용시 필요이상의 악력을 발휘해야만 하기 때문인 것으로 밝혀졌다. 또한 신호봉의 사용시 손목을 꺾는 각도(Wrist deviation)가 크며 이 동작을 장시간 반복해야하는 임무 수행방법도 통증의 한 원인으로 조사되었다.

전술한 바와 같이 일선 교통 경찰관들이 손부위에 느끼는 통증은 누적외상병이 이미 발생했거나, 또는 장기간 신호봉을 사용할 경우, 발생할 수 있다는 전조(Precursor)임을 의미한다.[26] 따라서 본 연구에서는 신호봉 사용

에 따른 손 부위의 부상이나 통증 등과 같은 재해의 발생을 예방 또는 감소시키기 위한 방안의 하나로 신호봉 손잡이의 최적 굵기를 결정하고자 한다. 또한 인체 측정학적 측면에서 손잡이의 최적 굵기를 결정하는데 영향을 미치는 손 부위를 규명해 보고자 한다.

2. 실험의 방법 및 내용

2.1. 피실험자 선정

신호봉은 나이 25세 전후의 남성인 교통경찰 소속의 의무 경찰관들에 의해 주로 사용된다. 본 연구에서는 이들과 유사한 나이의 분포를 갖고 손이나 팔 부위에 상해나 질환을 경험한 적이 없는 우리나라 남자 대학생 37명을 피실험자로 선정하였다. 피실험자군의 평균 연령은 23.5세, 표준편차는 1.2, 분포는 21세~26세이다.

본 연구에서는 피실험자들이 신호봉 사용 동작에 익숙해지도록 대한민국 경찰청에서 규정한 5가지의 신호봉 동작(진행, 회전, 전면 정지, 후면 정지, 좌우 정지)을 일주일 동안 연습하도록 하였다.

2.2. 실험 및 평가 방법

본 실험에서는 손잡이의 최적굵기를 결정하기 위해 각기 지름이 다른 일곱개의 원통형 실험봉을 나무로 제작하였다.(그림 1) 실험봉의 굵기는 지름 2.0 cm 부터 0.5 cm 간격으로 2.5 cm, 3.0 cm, 3.5 cm, 4.0 cm, 4.5 cm 그리고 5.0 cm까지 7가지이며 각 실험봉의 길이는 15 cm로 동일하게 하였다.

본 실험에서는 난수표를 이용하여 7개의 실험봉을 실험대 위에 무작위로 배치하였다. 피

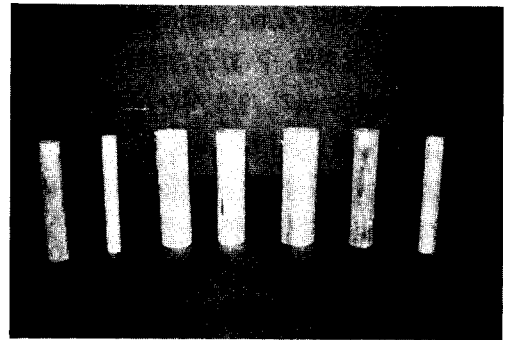


그림 1. 실험봉

실험자는 배치된 실험봉 중 첫 번째 실험봉을 power grip으로 잡고 신호봉을 사용하는 방법대로 2분동안 실험봉을 사용하도록 하였다. 다음 주관적 평가 방법(Subjective assessment method)인 Likert Summated Rating Method[10]를 이용하여 실험봉 굵기에 대해서 피실험자가 느끼는 편안함을 정량적으로 평가하도록 하였다. 따라서 본 실험에서는 실험봉의 굵기를 독립변수, 피실험자가 평가하는 편안함을 종속변수로 하였다. 본 실험에서는 실험봉을 손에 쥐고 사용하기가 매우 불편한 경우 1점, 불편한 경우 2점, 보통인 경우 3점, 편안한 경우 4점, 그리고 매우 편안한 경우를 5점으로 각각 정하였다. 나머지 6개의 실험봉에 대해서도 배치된 순서에 따라 동일한 방법으로 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 발생 가능한 계통오차를 제거하기 위해 난수표를 이용하여 피실험자 별로 실험봉의 배치 순서를 다르게 하였다.

본 실험은 실험 I과 실험 II로 나뉘어 각각 2회씩 반복 실시되었다. 실험 I에서는 피실험자들에게 맨 손(bare hand)으로 실험봉을 사용한 후 손잡이의 굵기를 평가하도록 하였다. 실험 II에서는 경찰관이 사용하는 흰색 면

장갑을 피실험자가 착용토록 한 후, 실험 I 과 동일한 방법으로 손잡이의 굽기를 평가하도록 하였다.

각 피실험자는 실험 I 을 1회 종료(Test)한 후 1주일후에 동일한 실험(Retest)을 반복하였다. 각 실험간에 1주일의 간격을 둔 이유는 첫 번째 실험이 두 번째 실험에 미치는 영향을 최소화하기 위해서이다. 실험 II는 실험 I 이 종료된 시점으로 부터 1 주일후 실시 되었으며 실험 I 과 동일한 방법으로 진행되었다. 실험 II 또한 실험 종료 1주일 후에 1회 반복되었다.

2.3. 손 치수 측정

본 연구에서는 손잡이의 최적 굽기를 결정 하는데 영향을 미치는 손 부위를 조사하기 위해 37명의 피실험자들을 대상으로 손의 16개 부위에 대한 측정을 실시하였다.(그림 2) 손 부위의 측정은 인체 측정에 관한 한국 공업규격 (Body measurement methods for industrial

design. KS A 7004-1989). 미국의 Anthropometric Source Book Vol.Ⅱ(1978)와 Work design:Industrial ergonomics(Konz, 1990)의 손 부위 측정 방법을 따라 실시되었다.

본 연구에서는 일본 Takei 사의 마틴식 인체 측정기를 사용하였으며 그림의 지름을 측정하기 위해 측정 기기를 직접 제작, 사용하였다.(그림 3) 각 부위에 대한 측정치의 평균, 표준편차, 및 백분위 수(Percentiles)는 표 1과 같다.

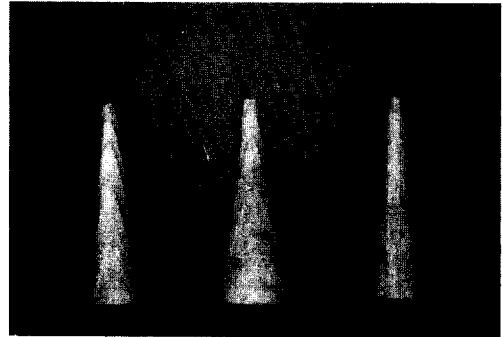


그림 3. 그림의 지름 측정기기

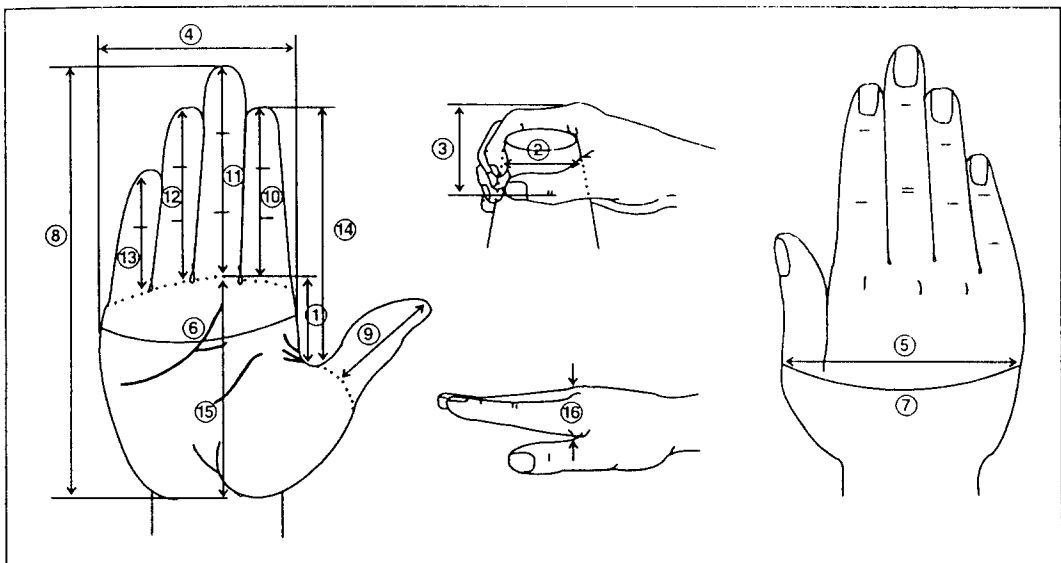


그림 2. 손의 측정 부위

표 1. 손의 치수

(단위 : cm)

측 정 부 위	평 균	표 준 편 차	r-th Percentile 값				
			5	25	50	75	95
1. 제1지골 길이 (Thumb crotch length)	6.6	0.3	6.2	6.5	6.6	6.8	7.2
2. 그립의 내측 지름 (Grip diameter, inside)	5.2	0.3	4.8	5.0	5.1	5.3	5.6
3. 그립의 외측 지름 (Grip diameter, outside)	10.1	0.4	9.7	9.9	10.1	10.3	10.6
4. 손너비 (Hand breadth)	8.1	0.4	7.4	7.9	8.1	8.4	8.8
5. 손너비(제1지 포함) (Hand breadth across thumb)	10.0	0.5	9.2	9.7	10.1	10.5	10.8
6. 손둘레 (Hand circumference)	20.4	0.9	19.3	19.9	20.3	21.0	21.9
7. 손둘레(제1지 포함) (Hand circumference including thumb)	24.9	1.1	22.9	24.3	25.0	25.5	26.2
8. 손길이 (Hand length)	18.2	1.0	17.5	17.8	18.3	18.7	19.4
9. 제1지 길이 (Digit 1 length)	6.0	0.4	5.5	5.7	6.1	6.4	6.6
10. 제2지 길이 (Digit 2 length)	7.1	0.4	6.6	6.9	7.1	7.3	7.6
11. 제3지 길이 (Digit 2 length)	8.0	0.4	7.4	7.6	8	8.2	8.6
12. 제4지 길이 (Digit 4 length)	7.4	0.4	6.7	7.2	7.3	7.7	8.0
13. 제5지 길이 (Digit 5 length)	5.9	0.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.4
14. 제1지 갈래~제2지 길이 (Forefinger length)	11.3	0.6	10.5	10.9	11.4	11.6	12
15. 손바닥 길이 (Palm length)	10.5	0.3	10.0	10.4	10.5	10.6	11.0
16. 손두께 (Hand thickness)	2.7	0.2	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9

표 2. 실험-재실험의 검정

손잡이의 굵기	2.0 cm	2.5 cm	3.0 cm	3.5 cm	4.0 cm	4.5 cm	5.0 cm
실험 I	p < 0.05	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.05	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01
실험 II	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.05	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01

3. 실험결과

3.1. 실험의 신뢰성

본 연구에서는 1차(Test) 평가, 2차 (Re-test) 평가 결과를 비교하여 피실험자의 실험봉 굵기에 대한 주관적 평가의 신뢰성(Test-retest reliability)을 추정하였다.[2] 스피어맨 검정(Spearman rank correlation coefficient test)을 이용하여 각각의 실험봉 굵기에 대한 1차 평가와 2차 평가의 분포를 비교한 결과, 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.(표 2) 이는 피실험자들이 실험의 반복에 관계없이 각 실험봉의 굵기에 대해 일관성 있는 평가를 의미한다. 즉, 평가는 실험의 반복에 관계없이 안정적이며 따라서 평가 결과는 신뢰할 수 있다고 하겠다.

3.2. 실험봉 굵기에 대한 평가

실험봉의 굵기가 피실험자들의 평가에 미치는 영향을 분산분석을 이용하여 분석하였다. 그 결과 표 3에 보이는 바와 같이 실험봉의 굵기에 따라 피실험자들의 선호도가 달라지는 것(p < 0.01)으로 밝혀졌다.

실험 I의 경우, 실험봉의 굵기에 대한 피실험자의 평가는 그림 4와 같이 나타났다. 피실험자들은 실험봉의 지름이 3.5 cm(7.6점)일때 가장 편안하게 느끼는 것으로 밝혀졌다. 나머지 실험봉에 대한 평가는 3.0 cm(7.0 점), 2.5

cm(6.6점), 4.0 cm(6.4점), 4.5 cm(4.8점), 2.0 cm(4.6점), 5.0 cm(3.3점)등의 순으로 나타났다.

표 3. 실험봉의 굵기와 평가

(a) 장갑을 착용하지 않은 경우

요 인	자유도	제곱합	평균제곱	F 값
손잡이의 굵기	6	538.5	89.7	34.9**
잔 차	252	647.4	2.6	
총 계	258	1185.9		

(** : significant at 99%)

(b) 장갑을 착용한 경우

요 인	자유도	제곱합	평균제곱	F 값
손잡이의 굵기	6	499.1	83.2	38.1**
잔 차	252	551.1	2.2	
총 계	258	1050.2		

(** : significant at 99%)

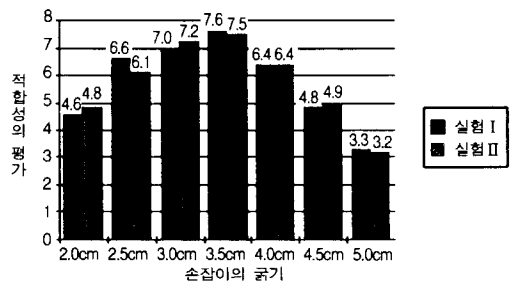


그림 4. 실험봉 굵기에 대한 평가

실험 II의 경우에도 실험 I과 마찬가지로 피실험자들이 지름 3.5 cm의 실험봉을 가장 선호하는 것(7.5 점)으로 나타났다. 다른 실험봉에 대한 선호도는 3.0 cm(7.2 점), 4.0 cm(6.4 점), 2.5 cm(6.1 점), 4.5 cm(4.9 점), 2.0 cm(4.8 점) 등의 순으로 나타났으며 굵기가 5.0 cm(3.2 점)일 때 가장 불편하게 느끼는 것으로 조사되었다.

본 실험에서는 Wilcoxon signed-rank test ($p < 0.05$)를 이용하여 각 실험봉의 굵기에 대한 피실험자의 평가를 비교하였다.(표 4) 그 결과 장갑의 착용 여부에 관계없이 피실험자들은 지름이 각각 3.5 cm, 3.0 cm, 2.5 cm, 4.0 cm인 실험봉에 대해 가장 높은 선호도를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 피실험자들은 손잡이의 지름이 3.5 cm보다 큰 4.0 cm보다는 3.0 cm나 2.5 cm를 더 선호하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한 실험봉 손잡이의 지름이 5.0 cm일 때 선호도가 가장 낮았으며 지름이 각각 4.5 cm, 2.0 cm일 때 중간 수준의 선호도를 보이는 것으로 밝혀졌다.

표 4. 실험봉 굵기의 평가에 따른 분류

그룹	분 류
그룹 1	3.5 cm, 3.0 cm, 2.5 cm, 4.0 cm
그룹 2	4.5 cm, 2.0 cm
그룹 3	5.0 cm

이상의 결과에 따르면 실험봉을 사용할 경우, 장갑의 착용에 관계없이 굵기가 3.5 cm일 때 가장 사용하기가 편안하며 손잡이의 굵기가 3.5 cm를 중심으로하여 0.5 cm 내지 1 cm 정도 차이가 난다 하더라도 편안함에는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 그러나 손잡이의 지름이 그 이상으로 커지거나 작아지면 불편을 느끼게 되며 특히, 손잡이의 굵기가 지나치게 얇은 경우 (2.0 cm) 보다는 지나치게 굵을 때(5.0 cm) 더 많은 불편을 느끼는 것으로 밝혀졌다.

3.3. 장갑의 착용 유무와 평가

전술한 바와 같이 실험봉의 굵기에 대한 피실험자들의 평가는 장갑의 착용 유무에 관계없이 매우 유사하게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 장갑의 착용이 실험봉의 굵기에 대한 평가에 영향을 미치는 지를 알아보았다. 스피어맨 검정 결과, 장갑의 착용 유무는 손잡이 굵기의 평가에 대해 영향을 미치지 못하는 것으로 밝혀졌다.(표 5) 장갑의 착용에 관계없이 평가가 일정하게 나타난 이유는 실험에서 사용한 장갑이 예식용 면 장갑으로 두께가 매우 얇아 손 부위의 치수나 형태를 변화시키는 효과가 미미했기 때문인 것으로 사료된다.

3.4. 손의 치수와 적합성

본 연구에서는 손의 16개 부위를 대상으로

표 5. 장갑의 착용 유무와 평가

손잡이의 굵기	2.0 cm	2.5 cm	3.0 cm	3.5 cm	4.0 cm	4.5 cm	5.0 cm
결 과	$p < 0.01$ (0.545)	$p < 0.01$ (0.597)	$p < 0.01$ (0.51)	$p < 0.05$ (0.369)	$p < 0.01$ (0.606)	$p < 0.01$ (0.501)	$p < 0.01$ (0.62)

() : Spearman correlation coefficient

표 6. 손의 치수에 따른 평가의 차이

측 정 부 위	실 험 I	실 험 II	측 정 부 위	실 험 I	실 험 II
제1지골 길이	N.S	N.S	제1지 길이	p < 0.05	p < 0.05
그립의 내측 지름	N.S	N.S	제2지 길이	p < 0.1	p < 0.1
그립의 외측 지름	p < 0.05	N.S	제3지 길이	p < 0.05	p < 0.1
손너비	p < 0.1	p < 0.05	제4지 길이	p < 0.05	p < 0.05
손너비(제1지 포함)	N.S	N.S	제5지 길이	N.S	N.S
손둘레	p < 0.05	p < 0.1	제1지 갈래~제2지 길이	p < 0.05	N.S
손둘레(제1지 포함)	p < 0.05	p < 0.05	손바닥 길이	p < 0.1	N.S
손길이	N.S	N.S	손두께	p < 0.05	p < 0.1

(N.S : 유의하지 않음)

표 7. 손 부위간의 상관 관계

손 부 위	그립의 외측지름	손너비	손둘레	손 둘 레 (제1지 포함)	제1지 길이	제2지 길이	제3지 길이	제4지 길이	제1지갈래~제2지길이	손바닥 길 이	손두께
그 립 의 외측 지름	1	0.576	0.67	0.679	0.52	0.793	0.771	0.677	0.846	0.79	0.383
손 너 비	0.576	1	0.841	0.804	0.533	0.473	0.613	0.522	0.563	0.546	0.428
손 둘 레	0.67	0.841	1	0.88	0.561	0.486	0.608	0.479	0.631	0.578	0.5
손 둘 레 (제1지 포함)	0.679	0.804	0.88	1	0.517	0.541	0.644	0.525	0.658	0.641	0.459
제1지 길이	0.52	0.533	0.561	0.517	1	0.602	0.587	0.624	0.625	0.575	0.427
제2지 길이	0.793	0.473	0.486	0.541	0.602	1	0.861	0.844	0.809	0.692	0.274
제3지 길이	0.771	0.613	0.608	0.644	0.587	0.861	1	0.884	0.837	0.675	0.399
제4지 길이	0.677	0.522	0.479	0.525	0.624	0.844	0.884	1	0.785	0.598	0.351
제1지 갈래~제2지 길이	0.846	0.563	0.631	0.658	0.625	0.809	0.837	0.785	1	0.732	0.388
손바닥 길이	0.79	0.546	0.578	0.641	0.575	0.692	0.675	0.598	0.732	1	0.403
손 두 께	0.383	0.428	0.5	0.459	0.427	0.274	0.399	0.351	0.388	0.403	1

하여 실험봉의 최적 굵기를 결정하는데 영향을 미치는 부위를 규명하고자 하였다. 스피어맨 검정 결과, 장갑을 착용하지 않을 경우, 그림의 외측지름($p < 0.05$), 손너비($p < 0.1$), 손둘레($p < 0.05$), 손둘레(제1지 포함)($p < 0.05$), 제1지 길이($p < 0.05$), 제2지 길이($p < 0.1$), 제3지 길이($p < 0.05$), 제4지 길이($p < 0.05$), 제1지 갈래~제2지 길이($p < 0.05$), 손바닥의 길이($p < 0.1$), 손 두께($p < 0.05$) 등의 최적 굵기의 결정에 영향을 미치는 것으로 나타났다.(표 6) 장갑을 착용하는 경우에서도 손너비($p < 0.05$), 손둘레($p < 0.1$), 손둘레(제1지 포함)($p < 0.05$), 제1지 길이($p < 0.05$), 제2지 길이($p < 0.1$), 제3지 길이($p < 0.1$), 제4지 길이($p < 0.05$), 손 두께($p < 0.1$) 등의 부위들이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

손 치수에 관한 연구[23, 24]에 따르면 손 부위 중 손가락 길이나 손바닥 길이와 같은 '길이 치수'(Length measurements)들은 서로 높은 상관 관계를 갖고 있으며 손 둘레나 손너비와 같은 '둘레 치수'(Circumference measurements)들 역시 상관 관계가 높은 것으로 밝혀졌다. 반면, '길이 치수'와 '둘레 치수' 간의 상관 관계는 매우 낮은 것으로 보고 되었다. 본 연구에서도 측정된 손 치수 사이의 상관 관계를 분석한 결과, 부위별 상관 관계가 기존의 연구 결과와 유사하게 나타났다.(표 7) 이와 같은 손 부위간의 상호 관계에 따라 상기의 실험 결과를 분석해 보면 손가락의 길이와 손 둘레, 손 두께 등이 손잡이의 최적 굵기를 결정하는데 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 굵기가 각기 다른 7개의 원통형 실험봉을 제작, 37명의 주관적 평가를 통해 신호봉 손잡이의 최적 굵기를 결정하고자 하였다. 실험 결과, 장갑의 착용 유무에 관계 없이 피실험자들은 실험봉의 지름이 3.5cm일 때 가장 편안하다고 느꼈으며 실험봉 지름이 3.5cm에서 증가하거나 감소하더라도 2.5cm~4.0cm 범위내에 있으면 편안함에 있어 유의한 수준의 감소는 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 손잡이의 굵기가 이 범위를 벗어나게 되면 사용상 편안함은 감소하며 손잡이의 굵기가 지나치게 얇은 경우(2.0cm)보다 굵을(5.0cm) 때 더 많은 불편을 느끼는 것으로 밝혀졌다.

장갑의 착용은 손부위의 치수나 형태가 달라지는 효과를 가져온다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 장갑의 착용이 손잡이 굵기에 대한 평가에 영향일 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 장갑이 매우 얇아 장갑 착용에 따른 손 부위의 변화가 미미해 발생한 것으로 추측된다.

사용자의 손에 적합한 수공구를 설계하기 위해서는 손의 형태, 크기, 힘, 동작범위(Joint mobility) 등과 같은 요소를 고려해야 한다.[12] 따라서 서론에 기술한 바와 같이 악력이나 동작범위에 대한 연구외에도 손의 제 부위에 대한 크기를 측정하는 연구 또한 행해져 왔다.[11, 13, 22] 그러나 측정된 손 부위중 어떤 부위의 치수를 수공구의 설계 요소인 손잡이의 굵기를 결정하는데 고려해야 하는가에 대한 연구는 상대적으로 적은 실정이다.[5, 22] 본 연구에서는 손잡이의 최적 굵기를 결정하는데 영향을 미치는 손 부위를 조사하였다. 그

결과, 장갑의 착용 유무에 관계없이 손가락의 길이, 손둘레, 손 두께 등의 부위들이 손잡이의 최적 굽기를 결정하는데 고려되어야 하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 본 연구 결과는 표본 집단의 크기가 37명으로 매우 작다는 점에서 손잡이의 최적 굽기와 손 부위의 관계를 정확히 규명하는 데 한계가 있다고 할 수 있다. 따라서 보다 신뢰성이 높은 결과를 얻기 위해서는 규모가 큰 표본 집단을 대상으로 한 대규모의 연구가 필요하다고 사료된다. 이러한 연구는 수공구의 설계뿐 아니라 휴대용 전화기와 같은 소형 정보 통신기기의 인간공학적인 설계규격을 수립하는데 필수적으로 요구되는 연구라 하겠다.

전술한 바와 같이 본 연구에서는 손잡이의 최적 굽기를 결정하기 위해 주관적 평가방법을 사용하였다. 주관적 평가 방법은 EMG나 Hand dynamometer 등을 사용하는 정량적인 평가 방법과 함께 수공구 설계에 관한 연구에 널리 사용되고 있는 접근 방법이다. 주관적 평가 방법을 정량적인 방법과 비교해 보면 대체적으로 실험 결과의 신뢰성이 정량적인 방법에 미치지 못하나 Armstrong et al.(1989)과 Bohlemann et al. (1994)에 따르면 주관적 평가의 결과가 생리학적, 인체 역학적 결과와 부분적으로 일치하는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 손잡이 굽기에 대한 주관적 평가 결과의 신뢰성을 추정하기 위해 실시한 실험-재실험(Test-retest reliability) 검정을 하였다. 분석 결과, 평가는 실험-재실험에 관계없이 일관성이 있고 안정적인 것($p < 0.01$ 또는 $p < 0.05$)으로 나타나 실험 결과를 신뢰할 수 있음을 시사하고 있다. 그러나 주관적 평가 방법의 신뢰성에는 한계가 있으므로 이를 극복하기 위해서는 피실험자의 주

관적 선호도 이외에 EMG, Hand dynamometer, Postural analysis 등을 이용하여 발휘 근육, 장시간 사용에 따른 피로도, 손목의 꺾인 각도 등을 손잡이 굽기 결정의 척도로 이용하는 정량적인 접근이 필요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 변승남, 이해묵, 이상규, 김병권, "사용자 중심의 휴대용 경찰장비에 관한 연구", 경찰청 치안연구소, 1995
- [2] 일본 규격협회, 도해 에르고노믹스, 한국공업표준협회 역, 1991
- [3] Anthropology research project, "Anthropometric source book" Vol.1: Anthropometry for designers, NASA reference publication 1024, Webb associates(ed.), Huston, TX, 1978.
- [4] Armstrong, T. J., J. A. Foulke, B. S. Joseph, and S. A. Goldstein, "Investigation of Cumulative Trauma Disorders in a Poultry Plant", American Industrial Hygiene Journal, 43(2), 1982
- [5] Armstrong, T. J., L. Punnett, and P. Ketner, "Subjective Worker Assessment of Hand Tools Used in Automobile Assembly", American Industrial Hygiene Journal, 50(12), 1989.
- [6] Armstrong, T. J., R. G. Radwin, D. J. Hansen, and K. W. Kennedy, "Repetitive Trauma Disorders: Job

- Evaluation and Design", *Human Factors*, 28(3), 1986.
- [7] Ayoub, M. M. and P. Lo Presti, "The Determination of an Optimum Size Cylindrical Handle by Use of Electromyography", *Ergonomics*, 4(4), 1971.
- [8] Bohlemann, J., K. Kluth, K. Kotzbauer, and H. Strasser, "Ergonomic Assessment of Handle Design by Means of Electromyography and Subjective Rating", *Ergonomics*, 25(6), 1994.
- [9] Cochran, D. J. and M. W. Riley, "The Effect of Handle Shape and Size on Exerted Forces", *Human Factors*, 28(3), 1986.
- [10] Corlett, E. N. and J. R. Wilson, *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology*, Taylor & Francis, London, Great Britain, 1990.
- [11] Czaja, S., *Hand Anthropometrics*, U. S. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board, Washington, DC, 1984.
- [12] Drury, C. G., "Handles for Manual Materials Handling", *Applied Ergonomics*, 11(1), 1980.
- [13] Garrett, J. W., "The Adult Human Hand: Some Anthropometric and Biomechanical Considerations", *Human Factors*, 13(2), 1971.
- [14] Greenberg, A. and D. B. Chaffin, *Workers and Their Tools*, Pendall Publishing Co. Midland, MI, 1976.
- [15] Kadefors, R., A. Areskoug, S. Dahlman, A. Kilbom, L. Sperling, L. Wikstrom, and J. Oster, "An Approach to Ergonomics Evaluation of Hand Tools", *Applied Ergonomics*, 24(3), 1993.
- [16] Konz, S., *Work Design: Industrial Ergonomics*, Third Edition, Publishing Horizons, Inc. Worthington, OH, 1990.
- [17] Kroemer K. H. E. "Cumulative Trauma Disorders: Their Recognition and Ergonomics Measures to Avoid Them", *Applied Ergonomics*, 20, 1989.
- [18] Mital, A., *Hand Tools: Injuries, Illnesses, Design, and Usage*, in Mital, A. and W. Karwowski, Ed., *Work-space, Equipment and Tool design*, Elsevier, New York, 1991.
- [19] National Safety Council, *Accident Facts*, NSC, Chicago, IL, 1983.
- [20] Pheasant, S. and D. O'Neil, "Performance in Gripping and Turning-A Study in Hand/Handle Effectiveness", *Applied Ergonomics*, 6, 1975.
- [21] Putz-Anderson, V., *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs*, Taylor & Francis, PA, 1988.
- [22] Roebuck, J. A., *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body*, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA, 1995.

- [23] Roebuck, M. S., K. H. E. Kroemer, and W. G. Thomson, Engineering Anthropometry Methods, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
- [24] Rosenbald-Wallin, E., "An Anthropometric Study as the Basis for Sizing Anatomically Designed Mittens", Applied Ergonomics, 18(4), 1987.
- [25] Tichauer, E. R. and H. Gage, "Ergonomic Principles Basic to hand Tool Design", American Industrial Hygiene Association Journal, 38(11), 1977.
- [26] van Wely, P., Design and disease, Applied Ergonomics, 1(5), 1970.