

장갑 설계 적용을 위한 손동작에 따른 손체표의 길이변화 분석*

권오채** · 선미선*** · 정기효**** · 이민정**** · 연수민***** · 유희천**** · 김희은****

Analysis of Changes in Hand Length Dimensions by Hand Motion for Glove Design

Ochae Kwon **, Meesun Sun ***, Kihyo Jung ****, Minjeong Lee ****,
Soomin Yeon *****, Heecheon You ****, Heeun Kim ****

ABSTRACT

A glove design which reflects the changes in hand surface by hand motion can reduce the undesirable effects of use of gloves on hand performance. The present study examined changes in hand length dimensions due to hand motion and identified significant factors affecting the length changes. Recruiting 120 males and females in their 20s and 30s having various hand lengths, this study measured 10 hand length dimensions, defined at 2 hand areas(phalangeal and metacarpal areas) for 5 digits, when the hand is stretched and in fist, and then calculated the percentage of length increase for each dimension. ANOVA and simple-effect analyses showed the length change percentages were mainly different depending on digit and hand area: 111~127% at the phalangeal area and 112~116% at the metacarpal area. The length change percentages of the index, middle, ring, and little fingers in the phalangeal area ascended in order and showed a high correlation($r = 0.94$) with the ranges of motion of the fingers.

Keyword: 손체표 길이변화율, 손동작, 손동작범위, 장갑 설계

1. 서 론

장갑은 산업 현장이나 일상 생활에서 여러 유해 요인들로부터 손을 보호하기 위해 착용되나 손의 수행도를 저하시킬 수 있다. 장갑은 열이나 추위, 진동, 물리적 마찰, 날카로운 물체, 화학 물질, 방사성 물질, 생물학적 유해 물질 등으로부터 손을 보호하기 위하여 사용된다. 그러나, 장갑 착용은 손의 동작범위, 민첩성, 정교성, 촉감 인식력, 최대 악력 등을 저하시킬 수 있다(Muralidhar et al., 1999). 손의 수행도에 영향을 미치는 세부 장갑 설계요소로는 장갑의 패턴, 재질의

신축성, 두께, 바닥면의 마찰계수 등이 있다(강신영, 1995; Batra et al., 1994).

손동작에 따른 손체표의 변화를 장갑 설계에 적용하여 장갑 착용으로 인한 손의 수행도 저하를 완화시킬 수 있을 것이다. 손은 관절운동의 자유도(degree of freedom)와 동작범위(range of motion, ROM)가 커서 손동작에 의해 체표가 유의하게 변화될 것이므로, 장갑 패턴 설계시 손체표의 길이 변화를 고려해야 할 것이다. 특히, 신축률이 낮은 재질(예: 피혁, 면, 마, 직물)로 장갑이 제작되는 경우, 손체표 변화에 대한 고려는 장갑 착의성에 중요한 영향을 미칠 것이다.

손동작 특성을 고려한 장갑 설계시 필요한 손체표 변화에

*본 논문은 BK21 사업의 지원을 받아 수행되었음.

삼성전자 무선통신사업부, *한국국방연구원 자원관리연구센터, ****포항공과대학교 기계산업공학부, *****경북대학교 의류학과 교신저자: 유희천

주 소: 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산31번지, 전화: 054-279-2210, E-mail: hcyou@postech.ac.kr

대한 정보는 부족한 실정이다. 손을 세부적으로 측정할 자료로는 Greiner(1991)의 미국인 2,307명(남자 1,003명, 여자 1,304명)을 대상으로 72개 손부위에 대한 측정 결과와 윤훈용(2003)의 한국인 578명(남자 318명, 여자 260명)을 대상으로 35개 손부위에 대한 측정 결과 등이 있다. 그런데, 기존의 손 측정 연구는 손을 편 정적 자세에만 이루어져 손동작에 따른 체표 변화에 대한 정보를 제공하지 않는다. 이처럼 손동작에 따른 손체표 변화에 대한 연구는 미비한 반면, 소매 설계를 위해 팔(조경애, 1999), 칼라 설계를 위해 목(김혜경 등, 2002), 바지 설계를 위해 다리(박영득과 함옥상, 1982; 박영득과 함옥상, 1983; 조성희, 1993)의 체표 길이변화에 대한 측정 연구가 이루어져 왔다.

본 연구는 손동작에 따른 손체표의 길이변화율을 측정하고, 손체표 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 요소들을 파악하며, 장갑 설계시 적용될 수 있는 손체표 길이변화율을 제시하고자 하였다. 본 연구는 성별과 손길이를 고려하여 모집한 120명의 피실험자를 대상으로 10개 손부위에 대해 손동작에 따른 길이변화를 측정하였다. 또한 분산 분석을 통하여 손부위의 체표 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 요소들을 파악하였다. 마지막으로, 체표 길이변화율에 영향을 미치는 요소들을 고려하여 장갑의 패턴 설계에 적용될 수 있는 손체표의 길이변화율을 제시하였다.

2. 측정 방법

2.1 피실험자

피실험자는 성별(남, 녀)과 손길이(소, 대)를 고려하여 선정된 20~30대 120명으로 구성되었다. 성별, 손길이 그룹은 1997년도 국민표준체위 조사 결과(한국표준과학연구원, 1997)에서 제시하는 20~30대의 손길이 평균(남: 19.0cm, 여: 17.5cm)을 기준으로 구분되었으며, 성별 각 손길이 그룹에 대해 30명의 피실험자를 모집하였다. 본 연구에서 측정된 피실험자들의 손길이 평균(남: 18.9cm, 여: 17.5cm)은 국민표준체위 결과의 해당 연령대의 평균과 유사하였으나, 표준편차(남: 0.72cm, 여: 0.63cm)는 해당 표준편차(남: 0.86cm, 여: 0.83cm)보다 다소 낮았지만 통계적으로 유의한 차이($\alpha=0.05$)를 보이지 않았다.

2.2 측정 부위

손등 쪽의 체표 상에서 손목부터 각 손가락 끝의 길이를 두 가지 손영역(손가락 영역, 손등 영역)으로 나누어 10개 부위(H1~H10; 그림 1 참조)를 측정하였다. 장갑 착용시

손동작의 불편은 손바닥보다 손등 상의 체표 길이변화를 효과적으로 수용하지 못해 발생된다는 가정과 측정 가능성을 감안하여 손등 쪽에서 측정 부위를 선정하였다. 손영역은 중수지절(metacarpophalangeal, MCP) 관절을 기준으로 손가락 영역(손가락 끝~MCP 관절)과 손등 영역(MCP 관절~손목)으로 구분되었다.

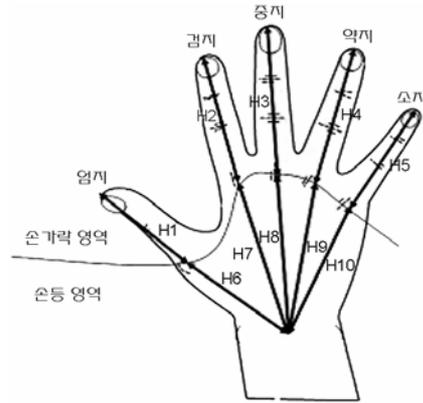


그림 1. 측정 부위

2.3 측정 방법

손동작에 따른 손체표 길이변화를 파악하기 위하여, 선정된 손부위를 그림 2의 측정 장갑을 사용하여 체표 길이가 신장되지 않은 자세(손을 편 자세)와 체표 길이가 최대한 신장된 자세(주먹 쥐 자세)에서 측정하였다. 측정 장갑은 다양한 손 크기와 체표의 변화를 수용할 수 있도록 신축성 있는 재질로 제작되었으며, MCP 관절과 손목 위치를 육안으로 확인할 수 있도록 개구 부위를 제공한다. 또한, 장갑 위의 줄자는 각 손가락의 끝점에서 고정되었으며, 실고리 통로를 따라 MCP 관절과 손목을 지나도록 하였으며, 손동작에 따라 줄자가 유연하게 실고리 통로를 지나갈 수 있도록 하였다. 손부위 측정은 자연스럽게 손을 편 자세와 검지에서 소지의 네 손가락을 최대한 굽힌 후 엄지의 지절간(interphalangeal, IP) 관절을 검지와 중지 사이에 위치(Green and Heckman,

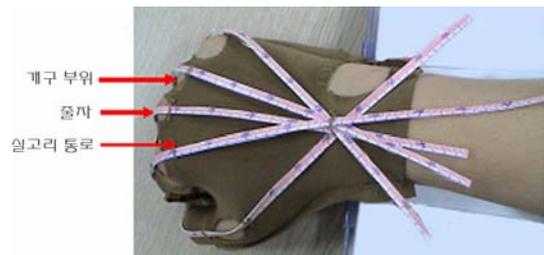


그림 2. 측정 장갑

표 1. 체표 길이변화율(%) 측정 결과 평균(표준편차)

성별	손길이*	손가락 영역					손등 영역				
		엄지(H1)	검지(H2)	중지(H3)	약지(H4)	소지(H5)	엄지(H6)	검지(H7)	중지(H8)	약지(H9)	소지(H10)
남자	대	113(4)	119(3)	120(3)	122(3)	128(3)	114(6)	112(4)	115(5)	114(4)	113(4)
	소	111(4)	119(3)	120(3)	123(3)	126(3)	114(7)	114(7)	114(6)	114(7)	114(7)
여자	대	110(5)	118(3)	120(2)	121(3)	125(4)	117(5)	111(4)	114(4)	113(4)	112(6)
	소	112(5)	115(4)	116(3)	122(3)	125(3)	119(4)	113(4)	115(4)	114(5)	115(6)

*손길이 그룹은 남자 19.0cm와 여자 17.5cm를 기준으로 구분됨

1993) 시킨 주먹 권 자세에서 이루어졌다. 또한 손목의 신전 및 편향은 중립으로 유지하고, 수평 표시기(level indicator)를 사용하여 손등이 바닥 면과 수평을 이루도록 한 후 측정하였다.

3. 측정 결과 및 분석

손체표의 길이변화율은 식 1과 같이 손 편 자세(체표 길이가 신장되지 않은 자세)에서의 측정치를 기준으로 주먹 권 자세(체표 길이가 최대한 신장된 자세)에서의 측정치의 비율로 정의되었다. 성별, 손길이 그룹별 측정된 손부위의 체표 길이변화율은 표 1과 같이 정리되었는데, 손체표 길이변화율 평균의 최소값과 최대값은 손이 긴 여자 그룹의 엄지 길이(H1)에서 110%와 손이 긴 남자 그룹의 소지 길이(H5)에서 128%로 각각 파악되었다.

$$\text{손체표 길이변화율(}\%) = \frac{\text{체표 길이가 최대한 신장된 자세에서의 실측치}}{\text{체표 길이가 신장되지 않은 자세에서의 실측치}} \times 100 \quad (1)$$

남자 그룹의 손체표 길이변화율은 손등 영역과 손가락 영역의 전반에서 여자 그룹보다 크거나 유사한 경향을 보였으나, 손등 영역의 엄지손가락은 여자 그룹의 손체표 길이변화율이 남자 그룹보다 다소 큰 것으로 파악되었다. 손등 영역의 엄지손가락을 제외한 손영역에서 남자 그룹의 손체표 길이변화율이 여자 그룹보다 최대 4% 더 큰 것으로 나타난 반면, 손등 영역의 엄지손가락은 여자 그룹의 손체표 길이변화율이 남자 그룹보다 3~5% 큰 것으로 나타났다.

손체표 길이변화율에 대해 분산 분석을 수행한 결과, 손가락(Digit), 손영역(Hand Area), 성별손가락, 성별손 영역, 그리고 손가락손 영역이 손체표 길이변화율에 유의한($\alpha =$

표 2. 체표 길이변화율 분산 분석 결과

Source	DF	SS	MS	F	P
성별(G)	1	0.00275	0.00275	0.86	0.3551
손길이(HL) [G]	2	0.00546	0.00273	0.86	0.4276
손가락(D)	4	0.51155	0.12789	132.50	<0.0001
손영역(HA)	1	0.87542	0.87542	273.82	<0.0001
G×D	4	0.02988	0.00747	7.74	<0.0001
G×HA	1	0.05300	0.05300	16.58	<0.0001
HL[G]×D	8	0.02575	0.00322	3.33	0.0011
HL[G]×HA	2	0.02524	0.01262	3.95	0.0219
D×HA	4	0.91804	0.22951	160.60	<0.0001
G×D×HA	4	0.01188	0.00297	2.08	0.0827
HL[G]×D×HA	8	0.02857	0.00357	2.50	0.0115
Subjct(S) [G, HL]	116	0.37011	0.00319		
D×S[G, HL]	464	0.44785	0.00097		
HA×S[G, HL]	116	0.37086	0.00320		
D×HA×S [G, HL]	464	0.66310	0.00143		
Corrected total	1199	4.33947			

0.001) 영향을 주는 것으로 파악되었다. 표 2의 분산 분석 결과는 손길이는 체표 길이변화율에 유의한 영향을 미치지 않으나, 손가락과 손영역은 주효과뿐만 아니라 상호 교호작용과 성별과의 교호작용도 유의한 영향을 미치는 인자임을 보여 준다.

성별×손가락과 성별×손영역에서 성별에 대한 단순 주효과 분석을 실시한 결과(표 3 참조), 성별이 손가락 영역에서만 체표 길이변화율에 유의한($\alpha = 0.001$) 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 각 손가락에 대한 성별의 단순 주효과 분석 결과는 모든 손가락에서 성별에 따라 체표 길이변화율이 유의한 차이가 없음을 나타냈다. 반면, 각 손영역에 대한 성별의 단순 주효과 분석 결과는 손등 영역에서는 성별에 따라 체표 길이변화율이 유의한 차이가 없으나, 손가락 영역에서

표 3. 성별 × 손가락과 성별 × 손영역에서 성별에 대한 단순 주효과 분석 결과

Interaction	Source	DF	SS	MS	F	P
성별 × 손가락	성별 @ 엄지	1	0.01677	0.01677	7.54	0.0070
	성별 @ 검지	1	0.00270	0.00270	2.46	0.1192
	성별 @ 중지	1	0.00696	0.00696	6.13	0.0148
	성별 @ 약지	1	0.00333	0.00333	3.00	0.0860
성별 × 손영역	성별 @ 소지	1	0.00287	0.00287	1.93	0.1669
	성별 @ 손가락 영역	1	0.03995	0.03995	15.75	0.0001
	성별 @ 손등 영역	1	0.01581	0.01581	4.10	0.0451

는 유의한 차이가 있음을 나타냈다.

손체표 길이변화율에 대한 분산 분석과 단순 주효과 분석 결과를 토대로 손동작에 따른 손체표 길이변화율이 그림 3과 같이 정리되었다. 손가락 영역의 체표 길이변화율은 소지, 약지, 중지, 검지, 엄지 순으로 손가락에 따라 큰 차이(범위 = 14~15%)를 보인 반면, 손등 영역의 체표 길이변화율은 손가락에 따라 작은 차이(범위 = 4%)를 보였다.

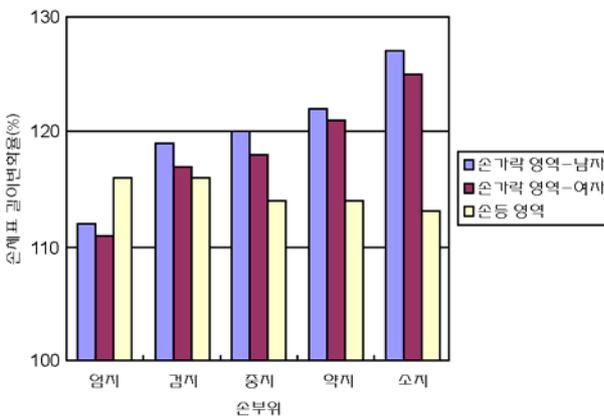


그림 3. 손체표 길이변화율(%)

4. 토 의

손동작에 따른 손체표 길이변화율은 손가락과 손영역에 따라 주요하게 다른 것으로 파악되었다. 손체표 길이변화율에 대한 분산 분석 결과는 네 가지 인자들(성별, 손길이, 손가락, 손영역) 중 손가락과 손영역이 주요 인자이며 손가락과 손영역의 교호작용을 고려하여 손체표 길이변화율이 파악되어야 함을 보여 주었다. 한편, 성별은 손가락 영역에서

만 손체표 길이변화율에 작은(1~2%) 영향을 주는 것으로 파악되었으며, 손영역별 다섯 손가락의 체표 길이변화율은 손가락 영역에서 큰 차이(남자: 112~127%; 여자: 111~125%)를 보이나 손등 영역에서는 작은 차이(112~116%)를 나타냈다.

본 연구는 주먹 쥌 자세에서 손체표 길이변화를 측정하여 손가락 영역에서 엄지의 체표 길이변화율이 가장 낮았다(남자: 112%; 여자: 111%). 본 연구는 분석 결과의 장갑 설계 응용을 고려하여 손을 편 자세의 체표 길이 대비 주먹 쥌 자세의 체표 길이의 변화를 분석하였다. 주먹 쥌 자세에서는 검지에서 소지의 네 손가락은 최대한 굽혀지나 엄지는 검지와 중지로 인해 동작이 제한된다. 엄지와 다른 네 손가락의 운동축이 다르고 주먹 동작시 엄지의 움직임이 다른 손가락의 움직임과 상충하므로, 엄지의 최대 신장된 길이를 파악하기 위해서는 주먹 쥌 자세보다는 다른 네 손가락이 편 자세에서 측정되어야 할 것이다.

손가락 영역에서 손가락들(엄지 제외)의 체표 길이변화율은 손가락의 동작범위(ROM)와 관련이 있을 것으로 추정된다. 남녀 모두 손가락들의 체표 길이변화율은 검지, 중지, 약지, 소지의 순으로 증가하였으며, 표 4에 제시된 손가락별 중수지절(metacarpophalangeal, MCP)관절, 근위지절간(proximal interphalangeal, PIP)관절, 원위지절간(distal interphalangeal, DIP)관절의 동작범위(Green and Heckman, 1993)의 합과 높은 상관관계($r=0.94$)를 보인다.

손동작에 따른 손체표의 길이변화율은 장갑 착용으로 인한 동작 편리성 및 수행도의 저하를 완화시키기 위한 장갑 설계 시 활용될 수 있다. 예를 들어, 신축률이 낮은 재질의 장갑에 대해 손체표의 길이변화율을 고려하여 손 관절에 대응되는 부분을 탄성섬유 혹은 여유주름(dart)으로 적절히 처리할 경우 장갑의 손동작 제한은 감소될 것이며 동작 편리성 및 수행도는 향상될 것이다.

표 4. 손가락의 동작범위 (Green and Heckman, 1993)

관절	손가락			
	검지	중지	약지	소지
중수지절	86°	91°	99°	105°
근위지절간	102°	105°	108°	106°
원위지절간	72°	71°	63°	65°
계	260°	267°	270°	276°

참고 문헌

강신영, 설계를 통한 스키 장갑의 품질향상. *IE 매거진*, 2(1), 26-29,

1995.
 김혜경, 박순지, 서추연, 석은영, 목운동에 따른 목과 어깨 부위의 체표변화에 관한 연구. *대한인간공학회지*, 21(1), 33-49, 2002.
 박영득, 함옥상, 동작에 따른 하지피부면의 변화에 관한 연구(제1보). *대한가정학회지*, 20(4), 1-12, 1982.
 박영득, 함옥상, 동작에 따른 하지피부면의 변화에 관한 연구(제2보). *대한가정학회지*, 21(2), 19-28, 1983.
 윤훈용, 한국 성인의 손부위 측정치에 관한 연구. *IE Interfaces*, 16(2), 140-148, 2003.
 조경애, 상지 형태와 의복 소매에 관한 인간공학적 연구(제2보). *대한인간공학회지*, 18(1), 91-108, 1999.
 조성희, 체표 길이 변화의 상관성 분석. *한국의류학회지*, 17(4), 622-637, 1993.
 한국표준과학연구원, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서. 국립기술품질원, 1997.
 Batra, S., Bronkema, L. A., Wang, M. J. and Bishu R. R., Glove attributes: can they predict performance? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, 201-209, 1994.
 Green, W. B. and Heckman, J. D., The Clinical Measurement of Joint Motion (pp. 43-51). Illinois: *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 1993.
 Greiner, T. M., Hand Anthropometry of U.S. Army Personnel. U.S. Army Natick research, Development and engineering center, MA. (NTIS No. ADA244533), 1991.
 Muralidhar, A., Bishu, R. R. and Hallbeck, M. S., The development and evaluation of an ergonomic glove. *Applied Ergonomics*, 30, 555-563, 1999.

◎ 저자 소개 ◎

❖ 권 오 채 ❖

성균관대학교 산업공학과 학사
 포항공과대학교 산업공학과 석사
 포항공과대학교 산업공학과 박사
 현 재: 삼성전자 무선통신사업부 책임연구원
 관심분야: 산업인간공학, 생체공학, 인간공학적 제품설계

❖ 선 미 선 ❖

부산대학교 산업공학과 학사
 포항공과대학교 산업공학과 석사
 현 재: 한국국방연구원 연구원
 관심분야: 산업인간공학, 제품디자인

❖ 정 기 효 ❖

금오공과대학교 산업시스템공학과 학사
 포항공과대학교 산업공학과 석사
 현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 박사과정
 관심분야: 산업인간공학, 인간공학적 제품설계

❖ 이 민 정 ❖

포항공과대학교 산업공학과 학사
 현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 석사과정
 관심분야: 인간공학적 제품설계, 사용자 중심의 제품설계, 가상현실 기술의 제품설계 응용

❖ 연 수 민 ❖

경일대학교 패션디자인 학사
 경북대학교 의류학과 석사
 현 재: 경북대학교 의류학과 연구원,
 영남 이공대학 패션 코디 디자인계열 강사
 관심분야: 피복환경학, 피복인간공학, 의복구성학

❖ 유 희 천 ❖

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 미국 펜실바니아 주립대학교 산업공학과 박사
 미국 위치타대학교 산업공학과 조교수
 현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 조교수
 관심분야: 인간공학적 제품설계기술, 사용자 중심의 제품설계, 작업관련성 근골격계질환 예방, 사용자 인터페이스 설계용 디지털 인체모형, 가상현실 기술의 제품설계 응용

❖ 김 희 은 ❖

경북대학교 가정교육과 학사
 경북대학교 가정과 석사
 일본 나라여자대학교 피복학과 석사
 일본 나라여자대학교 생활환경학과 박사
 현 재: 경북대학교 의류학과 교수
 관심분야: 피복환경학, 피복인간공학, 피복설계학

논문 접수 일 (Date Received) : 2005년 03월 10일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2005년 04월 20일