

석사학위논문

손 동작에 따른 손체표 길이 변화율 측정 및
장갑 설계

선미선 (宣美善)

산업공학과(인간공학 전공)

포항공과대학교 대학원

2003

손 동작에 따른 손체표 길이 변화율 측정 및
장갑 설계

**A glove design considering changes in hand surface
lengths by hand movement**

A glove design considering changes in hand surface lengths by hand movement

by
Meesun Sun

Department of Industrial Engineering
(Human Factors and Ergonomics Program)
Pohang University of Science and Technology

A thesis submitted to the faculty of Pohang University of Science and Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Department of Industrial Engineering (Human Factors and Ergonomics Program)

Pohang, Korea
December 11, 2003
Approved by

Heecheon You, Major Advisor

손 동작에 따른 손체표 길이 변화율 측정 및
장갑 설계

선 미 선

위 논문은 포항공과대학교 대학원 석사 학위논문으로
학위논문 심사위원회를 통과하였음을 인정합니다.

2003 년 12 월 11 일

학위논문 심사위원회 위원장 유희천 (인)

위원 정민근 (인)

위원 김희은 (인)

MIE
20022185

선미선, Meesun Sun, A glove design considering changes in hand surface lengths by hand movement, 손 동작에 따른 손체표 길이 변화율 측정 및 장갑 설계, Department of Industrial Engineering(Human Factors and Ergonomics Program), 2004, 62pp., Advisor: Heecheon You, Text in Korean.

Abstract

Gloves are worn to protect the hands from hazardous conditions such as heat, cold, vibration, and mechanical trauma. However, use of gloves made of materials with low elasticity and do not properly fit the hands would decrease the performance of the hands in terms of manipulability, range of motion, and grip strength. The present study was conducted to identify if the adverse effects of inelastic gloves on the hand performance can be reduced by considering the changes in hand surface lengths due to hand movement into the design of gloves. The hand surface lengths of the right hand were measured at five digits (D1, D2, D3, D4, and D5) and two hand areas (phalange and metacarpal) while the hand was stretched and in fist. The hand surface length data was collected from 120 participants (60 males and 60 females) with various hand sizes. The ratios of the hand surface lengths measured in fist to those in the stretched posture were significantly different depending on the digits and hand areas, ranging from 1.12 to 1.26. To accommodate the surface length increases due to hand movement into gloves, this study proposed two glove designs which provide elastic patches and pleats at the finger joints and knuckle. To identify the effectiveness of the proposed two glove designs in terms of hand manipulability and grip strength, a test was conducted with two additional experimental conditions (bare hand and traditional gloves without considering the hand surface length changes). In the four conditions, 24 males (18.9~19.5 cm of hand length and 20.8~21.4 cm of hand circumference) conducted pegboard and maximum power grip tasks and reported their discomfort in hand motion and force exertion. The test results showed that the gloves with elastic patches and pleats effectively lessened the negative effects of use of gloves on the hand performance and discomfort and ones with pleats were preferred.

목차

I. 서론.....	1
1.1 연구의 배경 및 필요성.....	1
1.2 연구의 목표 및 접근방법.....	2
1.3 연구의 중요성.....	3
II. 문헌조사.....	5
2.1 치수체계 결정과정.....	5
2.2 장갑 설계에 필요한 손측정변수 및 주요변수.....	8
2.3 동작에 따른 체포 길이변화 측정.....	8
2.4 장갑 착용 시 손의 수행도 평가.....	9
III. 장갑의 주요 변수 결정 및 치수체계 적용.....	12
3.1 손측정변수 분류 및 주요 변수 후보 선정.....	12
3.2 주요 변수 결정을 위한 통계적 분석.....	14
3.2.1 상위상관관계 빈도 교차분석.....	15
3.2.2 절대상관관계 빈도 교차분석.....	16
3.2.3 회귀분석.....	18
3.3 주요 변수 적용 사례: 장갑의 치수체계 결정.....	19
3.3.1 치수 간격.....	19

3.3.2	치수 범위 및 치수체계	21
IV.	손체표의 동적 길이변화율 측정	23
4.1	측정 방법	23
4.1.1	피실험자	23
4.1.2	측정 부위	24
4.1.3	측정 자세	26
4.1.4	측정 도구 및 측정 방법	27
4.1.5	실험 계획	28
4.2	실험 결과 및 분석	28
4.3	손체표의 동적 길이변화율 고려한 장갑의 신축률 결정	32
V.	동적 길이변화율 고려하여 설계된 장갑 평가	34
5.1	장갑 설계 대안	34
5.2	실험 방법	37
5.2.1	피실험자	37
5.2.2	평가척도	38
5.2.3	수행작업	40
5.2.4	실험 절차	43
5.3	실험 결과 및 분석	45

VI. 토의	52
6.1 장갑의 주요 변수 결정 및 치수체계 적용	52
6.2 손체표의 동적 길이변화율 측정	54
6.3 동적 길이변화율 고려하여 설계된 장갑 평가	55
VII. 결론	57
참고 문헌	58

표 목차

표 3.1 장갑설계에 활용되는 손측정변수들의 치수유형 분류.....	13
표 3.2 장갑제조업체의 치수체계 주요 변수 및 분류.....	14
표 3.3 손측정변수들과 주요 변수 후보간의 우위상관관계 분석 예.....	15
표 3.4 절대상관관계 빈도(%) 교차분석 결과.....	17
표 3.5 손길이와 손둘레의 기술 통계치(출처: US Army 인체측정자료).....	20
표 3.6. 손길이와 손둘레의 치수범위.....	21
표 3.7 손길이와 손둘레 도수(%) 분포의 교차분석.....	22
표 4.1. 피실험자 특성 및 표본 수.....	24
표 4.2 측정 부위.....	25
표 4.3 성별, 손길이, digit, 손영역에 따른 동적 길이변화율의 분산분석.....	29
표 4.4 각 digit의 굽힘 동작 범위(Green and Heckman, 1993).....	30
표 4.5 손영역 별 digit의 simple effect에 대한 Newman-Keuls 다중 비교 분석.....	30
표 4.6 손체표의 동적 길이변화율.....	32
표 5.1 여유주름 장갑의 여유주름 크기 도출.....	37
표 5.2 피실험자 특징.....	38
표 5.3 수행 작업별 평가척도.....	39
표 5.4 장갑 종류에 따른 평가척도 값의 분산분석.....	45
표 5.5 장갑 종류에 따른 평가척도 값의 다중 비교 분석.....	46
표 5.6 평가척도들 간 상관관계.....	49

표 5.7 주관적 평가 사유.....	50
표 5.8 장갑 설계요소의 평가별 피실험자 수.....	51

그림 목차

그림 1.1 다양한 용도에서의 장갑 착용.....	1
그림 2.1 치수체계 결정과정.....	6
그림 3.1 우위상관관계 빈도 교차분석 결과.....	16
그림 3.2 손길이-손들레 기반 회귀모형들과 손길이-손너비 기반 회귀모형들의 회귀결정계수 비교 결과.....	19
그림 4.1 측정 부위에 대한 그림 설명.....	25
그림 4.2 측정 자세.....	27
그림 4.3. Bubble indicator를 이용한 측정 자세 확인.....	27
그림 4.4 교호작용 분석.....	31
그림 4.5 장갑의 신축처리 부분.....	33
그림 5.1 장갑 설계 대안.....	36
그림 5.2 주관적 평가척도의 Borg CR10 scale.....	39
그림 5.3 pegboard의 판과 나무못의 배치.....	40
그림 5.4 피실험자의 팔꿈치와 작업대 윗면간의 간격.....	41
그림 5.5 나무못을 꼽는 순서.....	42
그림 5.6 그림 작업 자세.....	43
그림 5.7 장갑 설계에 관한 평가척도.....	44
그림 5.8 Pegboard 작업 수행시간.....	46
그림 5.9 최대 악력.....	47

그림 5.10 주관적 평가척도 값.....	48
그림 6.1 손너비를 사용한 사이즈 차트 예.....	53

I. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

산업현장에서의 생산활동, 군사 및 스포츠 활동(골프, 사이클) 시 착용되는 장갑(그림 1.1 참조)은 여러 위험 요인으로부터 손을 보호하나, 신축률이 낮은 재질(예: 피혁, 면, 마, 직물)로 제작될 경우 손의 수행도를 저하시킨다. 이러한 장갑은 열이나 추위, 진동, 화학물질, 방사성 물질, 생물학적 위험, 외상성 상해와 같은 여러 위험요인으로부터 손을 보호하는 반면, 민첩성, 정교성, 최대 악력, 동작 범위 등 손의 수행도를 저하시킨다(Muralidhar et al., 1999). 이때 손의 수행도 저하와 관련된 장갑 속성으로는 장갑 바닥면의 마찰계수, 두께, 치수, 패턴 등이 있다(강신영, 1995; Batra, 1994).



그림 1.1 다양한 용도에서의 장갑 착용

장갑 착용에 의한 보호 기능을 유지하면서 손의 수행도 저하를 완화시키기 위해, 장갑의 패턴 설계 시 동작에 따른 손체표의 길이변화(이하 동적 길이변화)가 적용될 필요하다. 인체는 관절운동에 의해 체표 길이가 변하며, 인체 중에서도 특히 손은 관절운동의 자유도 및 운동 각도가 크므로 동적 길이변화 또한 다른 부위에 비해 크다고 알려져 있다(백상호,

조경애(1999)에서 인용). 한편 장갑과 같이 인체에 착용되는 의복은 동작 편리성을 위해 동적 길이변화를 수용하는 설계가 요구된다(조성희, 1993). 따라서 장갑은 손측정자료만을 적용하여 설계될 시 손의 동적 길이변화를 수용하지 못해 동작을 불편하게 하므로, 동작 편리성 향상을 위해 손체표의 동적 길이변화를 적용한 설계가 필요하다. 그러나 손과 관련해 기준자세에서의 체표 길이(이하 정적 측정자료)에 대한 조사(윤훈용, 2003; Thomas, 1991)만이 시행되었을 뿐, 동적 길이변화와 관련된 연구는 이루어지지 않았다.

한편 장갑의 치수체계를 결정하기 위해서 기존 연구에서 조사된 장갑 관련 손측정자료에 대한 설명력이 높은 손측정변수가 중요변수로 결정될 필요가 있다. 손측정자료들을 장갑설계에 체계적으로 고려하고, 합리적인 치수체계를 설정하기 위해 주요 변수(key dimension)가 필요하다. 이러한 주요 변수는 다른 인체측정변수들과 연관성이 높고 쉽게 계측될 수 있을 때 의복치수체계에 합리적으로 적용될 수 있다.

1.2 연구의 목표 및 접근방법

본 연구는 장갑 설계와 관련해, 합리적인 손측정자료 반영을 위한 주요 변수를 결정하고, 특히 손의 동적 길이변화를 수용할 수 있는 신축률을 제안한 후 적용하여 평가를 수행한다. 이를 위해 다음의 세부적인 목표 및 접근방법을 가진다.

첫째, 손측정변수들간의 연관성 분석을 토대로 장갑설계의 주요 변수를 결정하고 관련 치수체계 수립 과정을 제시한다. 이를 위해 본 연구에서는 1988년 US Army 손측정자료 86개로부터 장갑설계 시 활용될 수 있는 70개의 손측정변수들을 추출한 후 치수유형으로 분류하였다. 또한, 기존문헌과 장갑제조업체들에서 사용하고 있는 치수체계들을 조사하여 장갑설계의 주요 변수 후보를 선정하였다. 그리고 이들 치수유형별로 분류된 손측정변수들과

주요 변수 후보들간의 연관성을 분석하여 장갑설계의 주요 변수를 선정하였다. 마지막으로, 선정된 주요 변수를 기반으로 한 장갑 치수체계의 설정 과정을 제시하였다.

둘째, 손체표의 동적 길이변화율을 측정하고, 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 파악하여 장갑 설계 시 적용될 수 있는 동적 신축률을 제안한다. 이를 위해 성별과 손길이를 고려하여 선정된 120명의 피실험자를 대상으로 동작 시 길이변화가 일어나는 손체표의 동적 길이변화율을 측정하였다. 그리고 동적 길이변화율에 영향력이 높은 독립변수만을 고려하여 손체표의 동적 길이변화율을 정리하고, 이를 장갑 설계에 효율적으로 적용하는 방안을 제시하였다.

셋째, 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑을 손의 수행도 측면에서 평가하여, 적합한 장갑 설계를 제안한다. 우선 동적 길이변화가 고려되지 않은 일반장갑과 동적 길이변화가 고려된 장갑(관절 부분을 탄성섬유로 처리한 장갑, 관절 부분을 여유주름으로 처리한 장갑)을 제작하였다. 실험을 실시하여 장갑 설계의 주요 변수(손길이, 손둘레)가 고려되어 선정된 24명의 남성 피실험자로 하여금 네가지 조건(세 종류의 장갑을 착용했을 때, 맨손일 때)별로 pegboard 작업과 그립 작업을 수행토록 한 후, 관련 평가척도를 측정하였다. 그리고 평가척도에 영향을 미치는 장갑의 특성 및 평가척도간 연관성을 파악하여 손의 수행도 측면에서 적합한 장갑 설계를 제안하였다.

1.3 연구의 중요성

본 연구는 크게 세가지 관점에서 중요성을 가진다. 첫째, 체계적으로 장갑설계의 주요 변수를 결정하고 치수체계에 적용해 봄으로써 손측정자료를 합리적으로 반영한 장갑설계를 할 수 있도록 하였다. 기존의 장갑제조업체들이 제시하는 장갑 설계의 주요 변수는 일관성이 없으며, 결정 과정에서 체계적인 기법이 적용되지 않았다. 본 연구는 이러한 점을 보완하기

위해 손측정변수들간의 연관성 분석을 이용하여 체계적으로 장갑설계의 주요 변수를 결정하고, 치수체계에 적용해 보았다.

둘째, 손체표의 동적 길이변화를 측정하여 이를 장갑 설계에 효율적으로 적용하는 방안을 제시하여, 신축률이 낮은 재질로 제작된 장갑의 동작 편리성을 향상시킬 수 있다. 기존에는 동적 길이변화에 대한 측정 및 장갑 설계에의 적용에 대한 연구가 시행되지 않았다. 본 연구는 손체표의 동적 길이변화율을 측정하고, 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 파악하여 장갑 설계 시 적용될 수 있는 동적 신축률을 제시하였다. 또한 동적 신축률이 손의 수행도 측면에서 효과적으로 고려된 장갑 설계를 제안하였다.

셋째, 산업현장에서의 생산활동, 군사 및 스포츠 활동 시 착용되는 장갑을 동작 편리성을 고려하여 설계함으로써 장갑의 작업 효율을 향상시킬 수 있다. 현재 이러한 장갑들은 여러 위험 요인으로부터 손을 보호하나, 최대 악력, 동작 범위, 민첩성, 정교성 등 손의 수행도를 떨어뜨린다. 본 연구는 이러한 점을 개선하고자 손체표의 동적 길이변화를 적용하여 동작 편리성이 향상된 장갑설계를 제안하였다.

II. 문헌조사

2.1 치수체계 결정과정

현재의 전반적인 의복 치수체계는 인체 측정 자료를 효과적으로 반영하지 않아, 생산자와 사용자 모두를 만족시키지 못하고 있다. 현재의 치수체계에서 다양한 크기의 의복을 입어보아도, 사용자는 자신이 원하는 크기의 의복을 찾기 어렵다(Goldsberry et al, 1996; Labat and Delong, 1990). 이러한 문제점이 발생하는 이유로서 Ashdown(1998)은 세가지로 제시하고 있다. 첫째, 의복 설계 시 사용자의 인체측정변수가 충분히 반영되지 못했기 때문이다. 둘째, 인체 측정 자료의 체계적 분석으로 만든 표준화된 치수체계가 마련되지 않았기 때문이다. 셋째, 다양한 인체 형상을 갖춘 사용자 집단을 수용하지 못하기 때문이다.

의복의 치수체계는 그림 2.1과 같이 인체측정변수 종류 및 크기 조사, 주요 변수 결정, 최종 치수체계 수립의 과정으로 이루어진다(문명옥, 2002; Ashdown, 1998; Laing, 1999). 우선 의복 치수체계 설정 시 반영될 수 있도록, 인체측정변수에 대한 조사가 필요하다. 한국에서는 국민표준체위 조사가 과학기술원 혹은 한국표준과학연구원 주체로 1979년, 1986년, 1992년, 1997년에 실시되어, 그 결과가 의류 제품을 중심으로 한 각종 산업제품 규격에 반영되고 있다(한국표준과학연구원, 1997). 한편 미국에는 NASA anthropometric data(Webb Associates, 1978)와 US Army data(Gordon et al., 1988) 등이 있다.

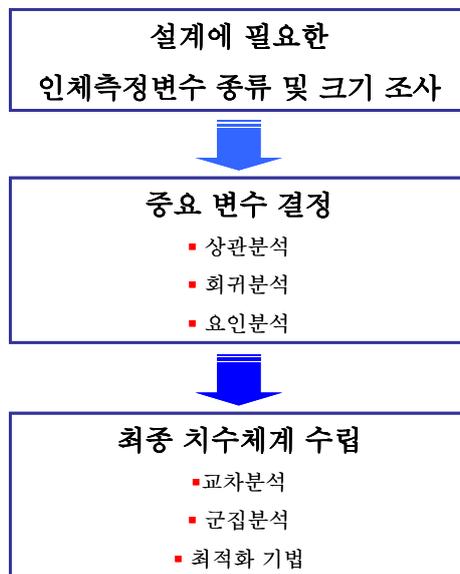


그림 2.1 치수체계 결정과정

표준화된 치수체계를 만들 때, 인체 측정변수를 장갑설계에 체계적으로 적용하고, 합리적인 치수체계를 결정하기 위해서 적합한 주요 변수 결정이 필요하다. 제품 설계에 필요한 인체의 주요 변수는 다른 측정변수들과의 연관성이 높아야 설계변수(design specification) 설정 시 인체측정변수의 특성을 적절히 반영할 수 있고, 합리적인 치수체계 수립에 이용될 수 있다(Gordon and Friell, 1994; Robinette and Annis, 1986; Rosenblad-Wallin, 1987). 이러한 인체의 주요 변수는 효율적인 치수체계를 설정하기 위해서 다른 측정변수들과 연관성이 높아야 하고, 핵심적인 몇 개 변수로 구성되어야 하며, 쉽게 측정할 수 있어야 한다(Hidson, 1991; McCulloch et al., 1998; Robinette and Annis, 1986). 또한 사람들이 잘 아는 인체 변수(e.g., 키, 몸무게)로서 두 개 이하여야 한다(Roebuck, 1995). 인체측정변수간 연관성을 밝히기 위해서는 상관분석 및 회귀분석(McCulloch et al., 1998)과 요인분석(Laing et al., 1999)이 사용되어 왔다.

손측정자료는 기존에 많이 제공되어 있으나, 장갑의 치수 적합성과 관련해, 손의 크기 및 유형의 다양성을 합리적으로 수용하는 치수체계 수립을

위해, 손측정자료를 반영한 체계적인 주요 변수 선정이 필요하다(그림 2.1 참조). 손측정변수들을 장갑설계에 체계적으로 고려하고, 합리적인 치수체계를 설정하기 위해 주요 변수(key dimension)의 선정이 필요하다. 인체측정자료를 적용하는 제품설계 시, 다른 인체측정변수들과 연관성이 높고 쉽게 계측될 수 있는 소수(1 - 5개)의 변수가 주요 변수로 선정된다(Gordon and Friell, 1994; Hidson, 1991; McCulloch et al., 1998; Robinette and Annis, 1986; Rosenblad-Wallin, 1987). 예를 들어, McCulloch et al. (1998)은 상의의 치수체계 설정을 위해 가슴둘레, 목둘레, 어깨둘레, 소매 바깥쪽 길이(sleeve outseam) 및 목-영덩이 거리를 주요 변수로 사용하였으며, 문명옥(2002)은 영덩이 둘레, 허리둘레 및 키를 하의 치수체계 설정에 필요한 주요 변수로 정의하였다.

사용자의 다양한 인체 형상을 수용하기 위해서, 주요 변수를 통계적 분석(교차분석, 군집분석, 최적화 기법)을 통해 크기에 따라 분류하여 최종 치수체계를 만드는 것이 필요하다. 주요 변수를 포함한 인체측정변수들간에는 높은 선형관계가 존재하지 않지만(Robinette, Meculloch et al.(1998)에서 인용), 현재 대부분의 치수체계는 의복에 사용되는 인체측정변수들간 선형성을 가정하여 만들어진(Meculloch et al., 1998). 이러한 치수체계는 사용자의 인체 형상의 다양성을 모두 수용하기 어렵기 때문에, 이를 보완하기 위해서 통계적 분석을 통해 인체 형상을 분류하여 치수체계에 적용시키는 것이 필요하다(Meculloch et al., 1998). 교차 분석을 이용한 치수 체계 구축은 기성복에서 일반적으로 가장 많이 쓰이며, 치수 간격을 먼저 결정하여 치수를 동일한 간격으로 분류하는 기법이다(문명옥, 2002; Jongsuk, Ashdown(1998)에서 인용). 군집 분석은 유형별 치수 체계 제안 시 효과적이며, 여러 측정변수들을 각 특성의 유사도(또는 근접도)에 따라 구분하는 방법이다(Okabe, Meculloch et al. (1998)에서 인용; Laing, 1999). 최적화 기법은 많은 수의 주요 변수들을 고려하여 치수체계를 결정할 시 효율적으로 적용될 수 있으며, 선형계획법 혹은 비선형계획법을 통해 목적함수인 dissimilarity measure를 최소화하는 방법이다(Ashdown, 1998; McCulloch et al., 1998).

2.2 장갑 설계에 필요한 손측정변수 및 주요 변수

장갑 설계 및 치수체계 개발을 위해 고려해야 할 손측정변수의 제안 및 설계 적용에 관한 연구가 진행되어 왔다. Rosenblad-Wallin(1987)는 33개 손측정변수를 군용장갑의 설계와 치수체계 개발에 사용하였으며, Robinette and Annis(1986)는 24개 손측정변수를 화학방어장갑 치수체계 설정에 적용하였다. 그리고, Hidson(1991)은 화학방어장갑 설계 시, CAD(computer-aided design)를 이용한 50개 손측정변수 사용을 제안하였다.

장갑과 관련해서 ISO 4418(1978)는 장갑설계 시 손둘레와 손길이를 주요 변수로 제안하고 있으나 타당한 이론적인 근거를 제시하고 있지 않으며, 일부 장갑업체들은 이와 다른 손측정변수들을 주요 변수로 사용하고 있어, 장갑설계의 주요 변수 선정에 대한 이론적 고찰이 필요하다. Internet을 통한 조사에 의하면, 미국 CE사의 경우 손너비를 장갑치수체계의 주요 변수로 설정하였고, 미국 W사와 O사는 손둘레를, 그리고 독일 R사는 손길이와 손둘레를 치수체계 설정에 적용하였다. 이러한 장갑 주요 변수의 일관성 결여는 사용자들이 적합한 크기의 사이즈를 찾는데 불편함을 초래한다(Coletta et al., Rosenblad-Wallin(1987)에서 인용).

2.3 동작에 따른 체표 길이변화 측정

현재까지 인체 전반에 걸쳐 의복의 동작 편리성 향상을 위해 체표 길이변화에 대한 연구가 진행되어 오고 있으나, 손과 관련해서는 연구가 시행되지 않았다. 상의와 관련해 동작에 불편함을 주지 않는 소매 및 칼라 설계에 적용될 수 있는 인체 측정 및 분석이 이루어졌다. 동작에 불편함을 주지 않는 소매 설계를 위해, 조경애(1999)는 3차원 계측법을 이용해 상지 동작 과정에서 발생하는 어깨, 소매산, 상완 하부, 그리고 전완 길이의 변화를 측정하고, 상지 동작과 측정치에 대해 회귀분석을 실시하여 연관관계를

밝혔다. 또한 목운동에 적합한 칼라 설계를 위해, 김혜경 등(2002)은 석고법을 통해 목 운동에 따른 목과 어깨 부위의 체표 길이변화를 측정하여, 목운동이 측정치에 미치는 영향을 분산분석을 통해 파악하고, 측정치간 상관관계를 조사하였다.

하의와 관련해, 동작에 불편함을 주지 않게 설계하기 위해 하지를 여러 부위로 분류하여 인체 측정 및 분석이 이루어졌다. 박영득과 함옥상(1982, 1983)은 접촉데이프 부착법을 이용해 14개 하지 부위에 대해 다리 동작에 따른 체표 길이변화 크기를 측정하여 측정치간 상관관계를 파악하였다. 이를 발전시켜 조성희(1993)는 하지의 가로/세로 방향 총 89 부위에 대해 다리 동작에 따른 길이변화 크기간의 상관관계를 분석하여, 특정 부위에 신장 또는 수축에 따른 여유량이나 축소량을 설정할 시, 그 부위와 높은 상관관계를 가지는 다른 부위에 나타나는 변화를 고려해야 한다고 주장하였다.

그러나 손과 관련해서는, 동작이 고려되지 않은 상태에서의 인체 측정 연구가 시행되었을 뿐, 동작에 따른 체표 길이변화에 관한 연구는 이루어지지 않았다. Thomas(1991)은 손과 관련된 86개 항목에 대해 측정하고, 측정치를 추정할 수 있는 손길이, 손둘레, 손폭의 회귀식을 만들었다. 윤훈용(2003)은 손부위에 관련된 제품들에 적용될 수 있는 35개 항목에 대해 측정하고, 측정치에 대해 연령이 미치는 영향, 측정치들간의 상관관계를 분석하였다. 그러나 이러한 측정치들은 손 동작을 고려하지 않은 상태에서 측정되었기에 장갑의 동작편리성을 위해서는 그대로 적용될 수 없으며, 동작 편리성을 갖춘 장갑을 설계하기 위해 동적 길이변화에 대한 측정이 필요하다.

2.4 장갑 착용 시 손의 수행도 평가

장갑의 착용 여부와 장갑의 특성이 손의 수행도에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되어 왔다. 기존 연구에서 사용한 장갑 착용 시 손의 수행도와 관련된 평가기준은 동작 민첩성 (Banks, 1979; Bensel, 1993; Bradely, 1969b;

Muralidhar et al., 1999; Nelson and Mital, 1995), 동작 정교성(Bradely, 1969b), 최대 악력(Batra et al., 1994; Bishu and Kim, 1995; Fleming et al., 1997; Mital et al., 1994; Muralidhar et al., 1999; Shih et al., 2001; Tsaousidis and Freivalds, 1998), 토크(Adams, 1988), 동작 범위(Bellingar and Slocum, 1993) 등이 있다. 이러한 평가 기준은 대부분 맨손과 비교했을 때 장갑 착용시 감소되며, 장갑 종류에 따라 감소 정도에 차이를 보인다고 밝혀졌다. 그러나 최대 악력은 장갑 착용에 의해 증가된다는 연구도 일부 있다(Mital et al., 1994; Shih et al., 2001).

또한 장갑 착용 시 손의 수행도와 관련된 장갑의 속성들을 제시되어 왔다. Bradley(1969b)와 Batra et al.(1994)은 착용시 손의 수행도와 관련된 장갑 속성으로서 tenacity(점착력), snugness(안락성), suppleness(유연성), 그리고 thickness(두께)를 제시하였다. 점착력은 플라스틱 표면과 장갑의 손바닥 쪽간의 마찰계수로 측정되었으며, 안락성은 장갑과 사용자 손치수의 부피 차이로 측정되었다. 유연성은 장갑의 재질을 반으로 접을 때 소요되는 힘으로 측정되었으며, 두께는 micrometer를 이용해 측정되었다. 그리고 Chen et al. (1989)은 장갑의 치수와 재질을 착용 시 손의 수행도에 영향을 미치는 속성으로 제시하였다.

기존의 연구들은 민첩성과 정교성이 주로 작업 수행시간으로써 측정될 수 있으며, 장갑 사용에 의해 감소된다고 밝히고 있다. 이때 민첩성과 정교성은 서로 복합되어 작업 수행시간이 영향을 미친다(Batra et al., 1994). 실험 시 수행된 작업 종류는 pegboard 작업(Bensel, 1993; Imamura et al., 1998; Muralidhar et al., 1999; Pierce, 1963), control 조작(Bradley, 1969a, Bradely, 1969b), 조립작업(Banks, 1979; Bensel, 1993; Muralidhar et al., 1999), 줄 묶기(Bensel, 1993; Muralidhar et al., 1999), 도구 사용(Bensel, 1993; Nelson and Mital, 1995) 등이 있다. 작업 수행시간은 장갑의 속성과 관련되어 장갑 두께가 커질수록 증가한다고 몇몇 논문들은 밝혔으나(Bensel, 1993; Muralidhar et al., 1999), 장갑의 두께가 작업수행시간에 미치는 영향은 유의하지 않다고 밝히는 연구 결과도 있다(Nelson and Mital, 1995). Chen et al.(1989)은 장갑의 치수와 재질이 조립

작업 시간에 미치는 영향을 분석하여, 치수가 동일할 때 장갑의 재질 차이는 조립 작업시간에 영향을 미치며, 또한 재질이 동일할 때 장갑의 치수 차이 역시 조립 작업시간에 영향을 미친다는 것을 확인했다.

장갑 착용시 손의 민첩성 및 정교성 평가 시 사용되었던 pegboard 작업은 작업장에서의 일반적인 조립 작업과 유사한 방식으로 수행되므로 손의 민첩성 및 정교성 평가 시 효과적으로 사용될 수 있다(Konz, 1988; Schmidt et al., 2000; Tiffin and Asher, 1948). 따라서 기존의 많은 연구에서 장갑을 착용한 상태에서의 민첩성 및 정교성을 알아보기 위해 pegboard 작업이 수행되어 왔다(Bensel, 1993; Imamura et al., 1998; Muralidhar et al., 1999; Pierce, 1963). Imamura(1998)는 실험을 통해 pegboard 작업 수행시간이 맨손일 때보다 장갑 착용시 더 큰 것을 밝혔다. Bensel(1993)와 Muralidhar et al(1999) 역시 pegboard 작업 수행시간이 장갑 착용 시 증가하며, 장갑의 두께가 클수록 더욱 증가한다고 밝혔다. 그리고 Pierce(1963)는 정해진 시간 동안 나무못을 판에 꽂는 실험을 실시하여, 꽂혀진 나무못의 수가 맨손일 때보다 장갑 착용시 더 작음을 밝혔다.

장갑 착용이 최대 악력에 미치는 영향에 대해서는 상반된 연구 결과들이 있다. 일부 연구들은 장갑 착용이 최대 악력을 향상시킨다고 주장했으나(Mital et al., 1994; Shih et al., 2001), 대부분의 논문들은 맨손과 비교했을 시, 장갑 착용에 의해 최대 악력이 감소됨을 보였다(Batra et al., 1994; Bishu and Kim, 1995; Fleming et al., 1997; Muralidhar et al., 1999; Tsaousidis and Freivalds, 1998). 장갑 착용이 최대 악력에 미치는 효과는 재질의 영향을 받기 때문에, 장갑 착용이 맨손보다 더 높은 최대 악력을 나타낸 경우, 장갑의 재질이 맨손보다 더 미끄러워 물체와 장갑간의 마찰이 더 작았기 때문으로 생각할 수 있다(Shih et al., 2001). 한편 Batra et al.(1994)은 장갑 착용에 따른 최대 악력의 감소 정도를 줄이기 위해서 점착력을 최대화시키고 두께를 최소화시켜야 한다고 주장하였다.

III. 장갑의 주요 변수 결정 및 치수체계 적용

본 장에서는 손측정변수들간의 연관성 분석을 토대로 장갑설계의 주요 변수를 결정하고 관련 치수체계 수립 과정을 제시하였다. 이를 위해 우선 1988년 US Army 손측정자료 86개로부터 장갑설계 시 활용될 수 있는 70개의 손측정변수들을 추출한 후 치수유형으로 분류하였다. 또한, 기존문헌과 장갑제조업체들에서 사용하고 있는 치수체계들을 조사하여 장갑설계의 주요 변수 후보를 선정하였다. 그리고 이들 치수유형별로 분류된 손측정변수들과 주요 변수 후보들간의 연관성을 분석하여 장갑설계의 주요 변수를 선정하였다. 마지막으로, 선정된 주요 변수를 기반으로 한 장갑 치수체계의 설정 과정을 제시하였다.

3.1 손측정변수 분류 및 주요 변수 후보 선정

장갑설계 시 활용할 수 있는 70개 손측정변수를 선정하여 인체측정변수 분류체계에 기반한 3개 치수유형(길이, 둘레, 너비)으로 분류하였다. Greiner(1991)의 1988년 총 2,307명(남성 1,003명, 여성 1,304명)을 대상으로 한 US Army 손측정자료 86개로부터 장갑설계 시 적용될 수 있는 손측정변수 70개를 추출하였다. 손측정변수들은 동일한 치수유형 내 변수들간에 연관성이 높다고 보고되고 있기 때문에(Sperling et al., Rosenblad-Wallin(1987)에서 인용; 윤훈용, 2003) 기존연구(신승우 등, 2003; 정명숙 등, 2002)에서 제시하는 인체측정변수 유형별로 70개의 손측정변수를 분류한 결과, 길이치수 48개, 둘레치수 11개, 그리고 너비치수 11개로 구분되었으며, 두께치수, 높이치수, 무게치수, 각도치수 및 스킨폴드(skinfold)에 해당하는 변수는 없었다(표 3.1 참조).

표 3.1 장갑설계에 활용되는 손측정변수들의 치수유형 분류

순번	측정변수	치수유형	순번	측정변수	치수유형
1	D1-Length	길이	36	D4-Tip to Wrist Crease Length	길이
2	D1-Height	길이	37	D4-Proximal IP Joint Breadth	너비
3	D1-Tip to Wrist Crease Length	길이	38	D4-Proximal IP Joint Circumference	둘레
4	D1-IP Joint Breadth	너비	39	D4-Distal IP Joint Breadth	너비
5	D1-IP Joint Circumference	둘레	40	D4-Distal IP Joint Circumference	둘레
6	D1-Link Length	길이	41	D4-Link Length	길이
7	D1-Metacarpal Link Length	길이	42	D4-Metacarpal Link Length	길이
8	D1-Proximal Phalanx Link Length	길이	43	D4-Distal Phalanx Link Length	길이
9	D1-Distal Phalanx Link Length	길이	44	D4-Medial Phalanx Link Length	길이
10	D2-Length	길이	45	D4-Proximal Phalanx Link Length	길이
11	D2-Height	길이	46	D5-Length	길이
12	D2-Tip to Wrist Crease Length	길이	47	D5-Height	길이
13	D2-Proximal IP Joint Breadth	너비	48	D5-Tip to Wrist Crease Length	길이
14	D2-Proximal IP Joint Circumference	둘레	49	D5-Proximal IP Joint Breadth	너비
15	D2-Distal IP Joint Breadth	너비	50	D5-Proximal IP Joint Circumference	둘레
16	D2-Distal IP Joint Circumference	둘레	51	D5-Distal IP Joint Breadth	너비
17	D2-Link Length	길이	52	D5-Distal IP Joint Circumference	둘레
18	D2-Metacarpal Link Length	길이	53	D5-Link Length	길이
19	D2-Distal Phalanx Link Length	길이	54	D5-Metacarpal Link Length	길이
20	D2-Medial Phalanx Link Length	길이	55	D5-Distal Phalanx Link Length	길이
21	D2-Proximal Phalanx Link Length	길이	56	D5-Medial Phalanx Link Length	길이
22	D3-Length	길이	57	D5-Proximal Phalanx Link Length	길이
23	D3-Height	길이	58	Hand Length	길이
24	D3-Tip to Wrist Crease Length	길이	59	Hand Circumference	둘레
25	D3-Proximal IP Joint Breadth	너비	60	Palm Length	길이
26	D3-Proximal IP Joint Circumference	둘레	61	Hand Breadth	너비
27	D3-Distal IP Joint Breadth	너비	62	Wrist Breadth	너비
28	D3-Distal IP Joint Circumference	둘레	63	Wrist Circumference	둘레
29	D3-Link Length	길이	64	Wrist-Center of Grip Length	길이
30	D3-Metacarpal Link Length	길이	65	Wrist-Index Finger Length	길이
31	D3-Distal Phalanx Link Length	길이	66	Wrist-Thumb Tip Length	길이
32	D3-Medial Phalanx Link Length	길이	67	Crotch 1 Height	길이
33	D3-Proximal Phalanx Link Length	길이	68	Crotch 2 Height	길이
34	D4-Length	길이	69	Crotch 3 Height	길이
35	D4-Height	길이	70	Crotch 4 Height	길이

장갑설계와 관련된 기존문헌과 장갑제조업체들이 사용하고 있는 치수체계 조사를 통하여 손길이, 손둘레, 손너비가 장갑설계의 주요 변수

후보로 선정되었다. Rosenblad-Wallin(1987)과 ISO 4418(1978)는 장갑 치수체계를 결정시 손길이와 손둘레를 주요 변수로 사용하는 것을 제시하였으나, 구체적인 이론적 근거는 명시하지 않았다. 반면, Internet을 통하여 8개 장갑제조업체들이 사용하고 있는 치수체계를 조사한 결과, 손길이, 손둘레, 손너비를 혼용하여 주요 변수로 사용하고 있었으며, 이로 인해 상이한 치수체계를 적용하고 있음을 파악하였다(표 3.2 참조). 따라서, 본 연구에서는 기존문헌과 장갑제조업체의 치수체계 조사를 토대로 손길이, 손둘레, 손너비를 장갑설계의 주요 변수 후보로 선정하였다.

표 3.2 장갑제조업체의 치수체계 주요 변수 및 분류

순번	국가	제조업체	주요 변수	분류 (단위: inch)
1	일본	T사	손길이/손둘레	4종 (6.8/7.8, 7.2/8.4, 7.6/9.0, 8.0/9.6)
2	독일	R사	손길이/손둘레	5종 (6.5/6.5, 7.5/7.5, 8.5/8.5, 9.5/9.5, 10.5/10.5)
3	미국	A사	손길이/손둘레	4종 (6.6/7.5, 7.4/8.5, 8.2/10.5, 9.0/12.5)
4		CL사	손길이/손너비	5종 (7.00/3.25, 7.25/3.50, 7.75/3.75, 8.25/4.00, 8.75/4.25)
5		W사	손둘레	6종 (8.5, 9.5, 10.5, 11.5, 12.5, 13.5)
6		O사	손둘레	4종 (8.5, 9.5, 10.5, 12.0)
7		S사	손둘레	5종 (7, 8, 9, 10, 11)
8		CE사	손너비	5종 (3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0)

3.2 주요 변수 결정을 위한 통계적 분석

본 연구는 70개 손측정변수들과 3개 주요 변수 후보들간의 상관관계 교차분석(cross tabulation)과 회귀분석을 통하여 장갑설계의 주요 변수를 제안하였다. 이들 변수들간의 상관관계들은 상대적 크기 비교와 절대적 크기 분석을 기준으로 각각 교차분석표가 작성되었다. 또한, 상관관계 교차분석을 통해 파악된 두가지 주요 변수 후보쌍들(손길이-손둘레, 손길이-손너비)을 회귀분석기법을 적용하여 비교함으로써 장갑설계 주요 변수를 선정하였다.

3.2.1 우위상관관계 빈도 교차분석

선정된 3개의 주요 변수 후보(손길이, 손둘레, 손너비) 중 70개의 손측정변수들에 상대적으로 큰 상관관계(이하 우위상관관계)를 가지는 후보를 파악하기 위해서 우위상관관계 빈도 교차분석(이하 우위상관분석)을 수행하였다. 우위상관분석은 손측정변수들과 주요 변수 후보들간의 상관관계 중 후보상호간 비교에 의해 우위상관관계를 가지는 후보를 조사한 후, 치수유형별로 각 후보가 우위상관관계를 가지는 빈도를 분석한 것이다. 표 3.3은 우위상관관계를 가지는 후보를 조사한 것으로, 예를 들어 길이치수 중 D1-Length는 손길이와, 둘레치수 중 D1-Interphalangeal Joint Circumference는 손둘레와, 그리고 너비치수 중 D5-Distal Interphalangeal Joint Breadth는 손너비와 우위상관관계를 나타내었다.

표 3.3 손측정변수들과 주요 변수 후보간의 우위상관관계 분석 예*

치수유형	치수명칭	손길이	손둘레	손너비
길이치수	D1-Length	0.466	N.S.**	0.119
	D1-Height	0.452	N.S.	0.143
	D1-Tip to wrist crease length	0.347	0.154	0.129
둘레치수	D1-Interphalangeal joint circumference	0.182	0.365	0.336
	D2-Distal interphalangeal joint circumference	0.228	0.342	0.306
	D3-Proximal interphalangeal joint circumference	0.291	0.494	0.416
너비치수	D1-Interphalangeal joint breadth	0.148	0.474	0.315
	D2-Proximal interphalangeal joint breadth	0.047	0.224	0.169
	D5-Distal interphalangeal joint breath	0.03	N.S.	0.143

* 우위상관관계를 나타내는 상관계수(r)를 음영으로 처리

** : $\alpha = 0.05$ 에서 유의하지 않은 상관관계

우위상관분석 결과(그림 3.1 참조)는 성별에 관계없이 길이치수 유형과 둘레치수 유형의 손측정변수들은 각각 손길이, 손둘레와 전적으로 높은

연관성을 가지나, 너비치수 유형의 손측정변수들은 손너비뿐만 아니라 손둘레와도 높은 연관성을 가짐을 보여 준다. 모든 길이치수 유형의 변수들은 손길이와, 모든 둘레치수 유형의 변수들은 손둘레와 상대적으로 높은 상관관계를 가졌다. 반면, 너비치수 유형의 변수들은 손둘레 혹은 손너비와 뚜렷한 편중 없이 상대적으로 높은 연관성을 가지고 있음을 나타내었다. 손둘레와 비교하여 손너비와 상대적으로 높은 상관관계를 맺는 너비치수 유형의 변수들은 남성의 경우 45%, 여성의 경우 64%로 성별에 따라 차이를 보이긴 하였지만 통계적으로 유의하지 않았다($\chi^2(1)=0.733, P=0.392$).

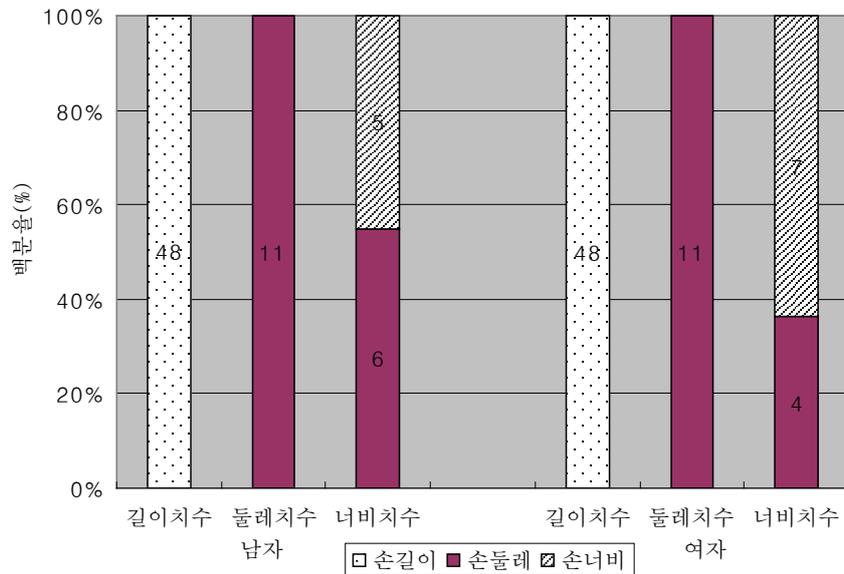


그림 3.1 우위상관관계 빈도 교차분석 결과

3.2.2 절대상관관계 빈도 교차분석

선정된 주요 변수 후보들과 70개 손측정변수들간의 상관관계 크기를

5개 범주로 구분하여 관련 빈도를 분석하는 교차분석(이하 절대상관분석)을 수행하였다. 상관관계(r) 크기는 매우 낮음($|r| < 0.2$), 낮음($0.2 \leq |r| < 0.4$), 보통($0.4 \leq |r| < 0.6$), 높음($0.6 \leq |r| < 0.8$), 매우 높음($0.8 \leq |r| < 1$)으로 범주화되었다. 표 3.4는 치수유형과 성별을 기준으로 주요 변수 후보와 손측정변수들간의 상관관계들을 정의된 범주에 따라 출현빈도(%)로 정리한 것이다.

표 3.4 절대상관관계 빈도(%) 교차분석 결과

주요 변수후보	상관관계 크기범주*	길이치수		둘레치수		너비치수	
		남	여	남	여	남	여
손길이	매우 낮음		1 (2)	2 (18)	5 (45)	2 (18)	10 (91)
	낮음	1 (2)	14 (29)		6 (55)	8 (73)	1 (9)
	보통	15 (31)	15 (31)	9 (82)		1 (9)	
	높음	21 (44)	13 (27)				
	매우 높음	11 (23)	5 (10)				
손둘레	매우 낮음	20 (42)	15 (31)			2 (18)	5 (45)
	낮음	3 (6)	23 (48)		5 (45)		5 (45)
	보통	24 (50)	10 (21)	3 (27)	4 (36)	6 (55)	
	높음	1 (2)		7 (64)	1 (9)	2 (18)	
	매우 높음			1 (9)	1 (9)	1 (9)	1 (9)
손너비	매우 낮음		19 (40)				3 (27)
	낮음	23 (48)	29 (60)		9 (82)	2 (18)	7 (64)
	보통	25 (52)		5 (45)	1 (9)	8 (73)	
	높음			5 (45)			
	매우 높음			1 (9)	1 (9)	1 (9)	1 (9)

* 매우 낮음: $|r| < 0.2$, 낮음: $0.2 \leq |r| < 0.4$, 보통: $0.4 \leq |r| < 0.6$, 높음: $0.6 \leq |r| < 0.8$, 매우 높음: $0.8 \leq |r| < 1$

표 3.4에서 상관관계 크기범주가 높음 이상($0.6 \leq |r|$)인 빈도들을 분석한 결과, 전반적으로 길이 치수유형의 변수들은 손길기와, 둘레 치수유형과 너비 치수유형의 변수들은 손둘레와 상대적으로 높은 연관성이 있는 것을

나타내었다. 길이 치수유형 변수들은 손길이, 손둘레, 손너비에 대해 높음 이상의 상관관계를 갖는 빈도율이 남성이 67%, 2%, 0%, 여성이 37%, 0%, 0%로 손길기와 높은 연관성을 갖는 것으로 분석되었다. 둘레 치수유형 변수들은 손길이, 손둘레, 손너비에 대해 높음 이상의 상관관계를 갖는 빈도율이 남성이 0%, 73%, 54%, 여성이 0%, 18%, 9%로 손둘레와 높은 연관성이 있는 것으로 분석되었다. 마지막으로, 너비 치수유형 변수들은 손길이, 손둘레, 손너비에 대해 높음 이상의 상관관계를 갖는 빈도율이 남성이 0%, 27%, 9%, 여성이 0%, 9%, 9%로 손둘레와 상대적으로 높은 연관성을 보였다.

3.2.3 회귀분석

우위 및 절대상관분석 결과와 표 2의 현행 장갑설계 주요 변수 조사 결과를 통해 파악된 두가지 주요 변수 후보쌍들(손길이-손둘레, 손길이-손너비)을 다른 손측정변수들에 대한 설명력 측면에서 비교하기 위하여 회귀분석을 수행하였다. 각 주요 변수 후보쌍을 독립변수로 하여 손길이, 손둘레, 손너비를 제외한 67개 손측정변수들에 대해 회귀모형이 개발되었다.

회귀모형의 회귀결정계수들을 비교한 결과, 손길이-손둘레가 손길이-손너비에 비해 장갑설계 주요 변수로 적합한 것으로 평가되었다. 그림 3.2는 남녀 각각에 대해 회귀결정계수 값이 상대적으로 높은 손길이-손둘레 기반의 회귀모형들 수와 손길이-손너비 기반의 회귀모형들의 수를 나타낸다. 회귀결정계수 비교 결과는 손길이-손둘레가 손길이-손너비에 비해 보다 많은 손측정 변수들(남성 57%; 여성 64%)에 대해 상대적으로 높은 설명력을 가짐을 보여 준다.

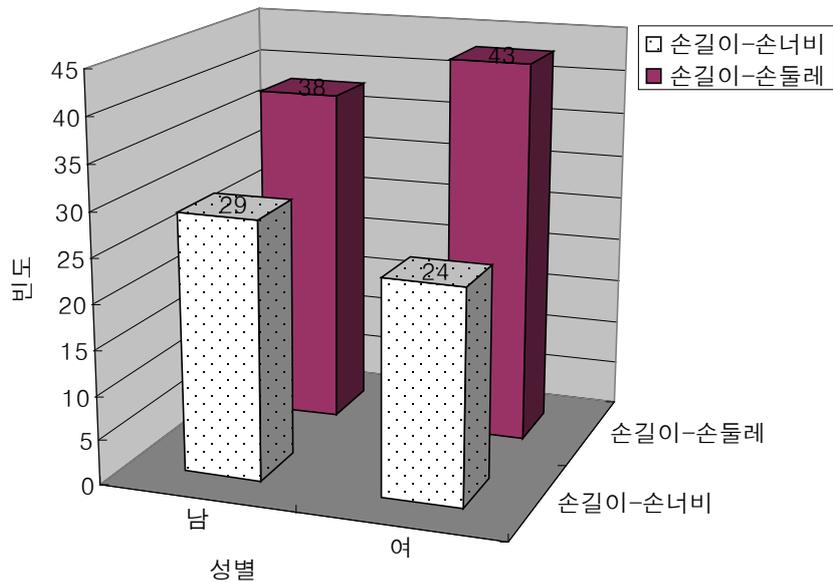


그림 3.2 손길이-손둘레 기반 회귀모형들과 손길이-손너비 기반 회귀모형들의 회귀결정계수 비교 결과

3.3 주요 변수 적용 사례: 장갑의 치수체계 결정

본 장은 손길리와 손둘레의 주요 변수를 적용한 장갑치수체계 설정 과정을 예시하였다. 장갑치수체계의 설정은 치수간격 결정, 치수범위 결정, 치수분포율 분석, 기준 출현율 결정, 그리고 치수체계 결정의 순으로 수행된다(문명옥, 2002). 본 연구는 손길리와 손둘레의 측정치로 Gordon et al. (1988)의 총 3,982명(남성 1,774명, 여성 2,208명)을 대상으로 한 US Army 자료를 이용하였다.

3.3.1 치수 간격

손길리와 손둘레의 치수간격은 측정자료의 분포특성, 착용 적합성 그리고 생산 경제성을 고려하여 결정됨이 바람직하다. 치수 간격은 착용

적합성과 생산 비용에 영향을 미치는 요소로(문명옥, 2002), 세분화된 치수간격은 장갑의 착용 적합성을 높이나 생산 경제성 측면에서 적합하지 않을 수 있는 반면, 큰 치수간격은 생산 경제성을 향상시키나 착용 적합성을 저하시킬 수 있다.

본 예제에서는 측정자료의 기술 통계치 중 산포측도(measures of variability)의 특성과 장갑업체들이 사용하는 치수간격을 바탕으로 0.5 inch 를 손길이와 손둘레의 치수간격으로 동일하게 사용하였다. 표 3.5 에서 US Army 의 손길이와 손둘레 기술 통계치는 손길이와 손둘레의 산포측도 값들(표준편차, 범위, 1 ~ 99%범위)이 남녀 모두 유사함을 보여 준다. 이는 손길이와 손둘레의 치수간격을 성별에 관계없이 동일한 값으로 설정할 수 있음을 의미한다. 기존 장갑업체에서 주로 사용하고 있는 치수간격은 표 3.2 에 나타난 바와 같이 0.25 ~ 1 inch 이므로, 본 연구에서는 중간 값인 0.5 inch 를 손길이와 손둘레의 치수 간격으로 사용하였다.

표 3.5 손길이와 손둘레의 기술 통계치(출처: US Army 인체측정자료)*

기술 통계치	남성		여성	
	손길이	손둘레	손길이	손둘레
평균	7.64	8.42	7.11	7.34
표준편차	0.39	0.39	0.39	0.34
최소값	5.65	7.17	5.87	6.22
최대값	9.02	9.72	8.46	9.06
범위(최대값-최소값)	3.37	2.55	2.59	2.84
1%치	6.80	7.57	6.28	6.62
99%치	8.62	9.37	8.11	8.18
1 ~ 99% 범위	1.82	1.8	1.83	1.56

*: 단위: inch, 산포측도 값들은 음영으로 처리

3.3.2 치수 범위 및 치수체계

손길이와 손둘레의 최대값과 최소값을 포함하는 장갑 치수범위로 남성의 손길이와 손둘레의 경우 7 개, 여성의 손길이와 손둘레의 경우 6 개가 설정되었다. 먼저 중간 치수범위는 [평균치 ± 치수간격/2]로 설정된 후, 나머지 치수범위들은 관련 변수의 최대값과 최소값을 포함할 때까지 선정된 치수간격을 가감하며 설정되었다(표 3.6 참조). 표 3.5 의 손길이와 손둘레 기술 통계치 자료에 대해 0.5 inch 치수 간격을 적용한 결과, 표 3.6 과 같이 남성의 경우 7 개, 여성의 경우 6 개의 손길이와 손둘레 치수범위가 설정되었다.

표 3.6. 손길이와 손둘레의 치수범위 (단위: inch)

치수범위 결정 식	남성		여성	
	손길이	손둘레	손길이	손둘레
평균-1.75 ~ 평균-1.25	5.9 ~ 6.4	6.7~ 7.2	-	-
평균-1.25 ~ 평균-0.75	6.4 ~ 6.9	7.2 ~ 7.7	5.9 ~ 6.4	6.1 ~ 6.6
평균-0.75 ~ 평균-0.25	6.9 ~ 7.4	7.7 ~ 8.2	6.4 ~ 6.9	6.6 ~ 7.1
평균-0.25 ~ 평균+0.25	7.4 ~ 7.9	8.2 ~ 8.7	6.9 ~ 7.4	7.1 ~ 7.6
평균+0.25 ~ 평균+0.75	7.9 ~ 8.4	8.7 ~ 9.2	7.4 ~ 7.9	7.6 ~ 8.1
평균+0.75 ~ 평균+1.25	8.4 ~ 8.9	9.2 ~ 9.7	7.9 ~ 8.4	8.1 ~ 8.6
평균+1.25 ~ 평균+1.75	8.9 ~ 9.4	9.7 ~ 8.2	8.4 ~ 8.9	8.6 ~ 9.1

US Army 의 손길이와 손둘레 분포율을 표 3.7 과 같이 교차 분석을 통해 파악하고, 기준 출현율인 2% 이상의 출현율을 가지는 치수에 한하여 장갑의 치수체계에 포함시켰다. 치수체계는 기준 출현율보다 높은 출현율을 가지는 치수만을 포함하는 것이 필요하다. 치수체계에 출현율이 낮은 치수를 포함시키는 것은 생산 경제성 측면에서 비효율적이며(문명옥, 2002), 높은 치수들만을 포함시키는 것은 수용율을 떨어뜨릴 수 있다. 본 예제에서의

치수는 교차분석을 통해 표 3.7 과 같이 남성의 경우 25 개, 여성의 경우 11 개 치수로 분류되었다. 그리고, 출현율의 기준을 2%로 설정하고, 2% 이상의 출현율을 보인 치수(남성: 8 개, 여성: 6 개)에 한하여 치수체계에 포함시켰다. 제시된 치수체계를 장갑에 적용할 경우 남성의 90.24%, 여성의 97.61%를 수용할 수 있다.

표 3.7 손길이와 손둘레 도수(%) 분포의 교차분석*

(a) 남성

손길이 손둘레	5.9 ~ 6.4"	6.4 ~ 6.9"	6.9 ~ 7.4"	7.4 ~ 7.9"	7.9 ~ 8.4"	8.4 ~ 8.9"	8.9 ~ 9.4"	합계
6.7 ~ 7.2"			1 (0.06)					1 (0.62)
7.2 ~ 7.7"	2 (0.11)	9 (0.51)	24 (1.35)	7 (0.39)				42 (2.37)
7.7 ~ 8.2"		19 (1.07)	201 (11.33)	231 (13.02)	30 (1.69)			481 (27.11)
8.2 ~ 8.7"		6 (0.34)	156 (8.79)	478 (26.94)	16 (9.24)	11 (0.62)		815 (45.94)
8.7 ~ 9.2"			39 (2.20)	182 (10.26)	150 (8.46)	18 (1.01)	4 (0.23)	393 (22.15)
9.2 ~ 9.7"				6 (0.34)	24 (1.35)	8 (0.45)	2 (0.11)	40 (2.25)
9.7 ~ 10.2"					1 (0.06)			2 (0.11)
합계 (%)	2 (0.11)	34 (1.92)	421 (23.73)	904 (50.96)	369(20.80)	38 (2.14)	6 (0.34)	1774 (100)

(b) 여성

손길이 손둘레	5.9 ~ 6.4"	6.4 ~ 6.9"	6.9 ~ 7.4"	7.4 ~ 7.9"	7.9 ~ 8.4"	8.4 ~ 8.9"	합계
6.1 ~ 6.6"	4 (0.18)	20 (0.91)					24 (1.09)
6.6 ~ 7.1"		101 (8.20)	376 (17.03)				557 (25.23)
7.1 ~ 7.6"			673 (30.48)	540 (24.46)			1213 (54.94)
7.6 ~ 8.1"				315 (14.27)	70 (3.17)		385 (17.44)
8.1 ~ 8.6"					23 (1.04)	3 (0.14)	26 (1.18)
8.6 ~ 9.1"						3 (0.14)	3 (0.14)
합계 (%)	4 (0.18)	201 (9.10)	1049 (47.51)	855 (38.72)	93 (4.21)	6 (0.27)	2208 (100)

* 출현율이 2% 이상인 치수는 음영으로 처리

IV. 손체표의 동적 길이변화율 측정

본 장에서는 동작 편리성을 위해 손체표의 동적 길이변화율을 측정하고, 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 파악하여 장갑 설계 시 적용될 수 있는 요구동적 신축률을 제시하였다. 이를 위해 성별과 손길이를 고려하여 선정된 120명의 피실험자를 대상으로 동작 시 길이변화가 일어나는 손체표의 동적 길이변화율을 측정하였다. 그리고 측정된 동적 길이변화율에 4개의 독립변수(성별, 손길이, digit, 손영역)가 미치는 영향을 분산분석 및 simple effect 분석을 통해 파악하여, 유의한 영향을 미치는 독립변수를 추출하였다. 마지막으로 동적 길이변화율에 영향력이 높은 독립변수만을 고려하여 손체표의 동적 길이변화율을 정리하고, 이를 장갑 설계에 효율적으로 적용하는 방안을 제시하였다.

4.1 측정 방법

4.1.1 피실험자

피실험자는 성별(남, 녀)과 손길이(소, 대)를 고려하여 선정된 20~39세 오른손잡이의 성인 120명이다(표 4.1 참조). 이때 성별과 손길이가 동적 길이변화율에 미치는 영향을 분석할 수 있도록, 성별과 손길이의 조합 당 30명의 인원을 할당했다. 손길이는 국민표준체위 조사보고서(한국표준과학연구원, 1997)에서 제시하는 방법을 통해 측정되었으며, 국민표준체위 조사보고서에서 제시하는 20~39세 성인의 손길이 평균(남: 19.0cm, 여: 17.5cm)을 기준으로 분류되었다. 선정된 피실험자의 손길이는 평균(남성: 18.9cm, 여성: 17.5cm)이 국민표준체위 조사보고서에서 제시하는 20~39세 성인의 평균과 동일하며, 표준편차(남성: 0.72cm, 여성: 0.63cm)가 국민표준체위 조사보고서의 표준편차(남성: 0.86cm, 여성: 0.83cm)보다 작았다.

표 4.1 피실험자 특성 및 표본 수

성별	연령(단위: years)		손길이(단위: cm)		표본 수(단위: 명)	
	평균	표준편차	평균	표준편차	손길이(소)	손길이(대)
남성	26.0	2.83	18.9	0.72	30	30
여성	25.4	4.31	17.5	0.63	30	30

4.1.2 측정 부위

측정 부위로 손동작 시 길이변화가 일어나는 오른손의 손등 쪽 10개 손부위를 선정하였다(표 4.2, 그림 4.1 참조). 장갑은 주로 손바닥 쪽보다 손등 쪽에서 동적 길이변화를 효과적으로 수용하지 못해 불편함을 야기하며, 움직임에 의해 가려지는 부분이 없어 측정이 용이하므로, 본 연구에서는 손등 쪽에서 측정을 실시하였다. 한편 손등 쪽에서 길이변화가 일어나는 손부위는 두 방법으로 분류될 수 있다. 첫째, digit(각 손가락 및 각 손가락의 손등 쪽 연장 부분)을 기준으로 digit 1(D1), digit 2(D2), digit 3(D3), digit 4(D4), 그리고 digit 5(D5)로 분류될 수 있다. 둘째, 손영역을 기준으로 손가락 영역(손가락의 끝 점들 ~ 손등 관절들)과 손등 영역(손등 관절들 ~ 전완의 안쪽 뼈와 바깥쪽 뼈의 중심)으로 분류될 수 있다. 본 연구에서는 각 digits과 손영역을 조합하여 총 10개 측정 부위를 선정하였다.

표 4.2 측정 부위

항목	손부위	
	손영역	digit
1	손가락	D1
2	손가락	D2
3	손가락	D3
4	손가락	D4
5	손가락	D5
6	손등	D1
7	손등	D2
8	손등	D3
9	손등	D4
10	손등	D5

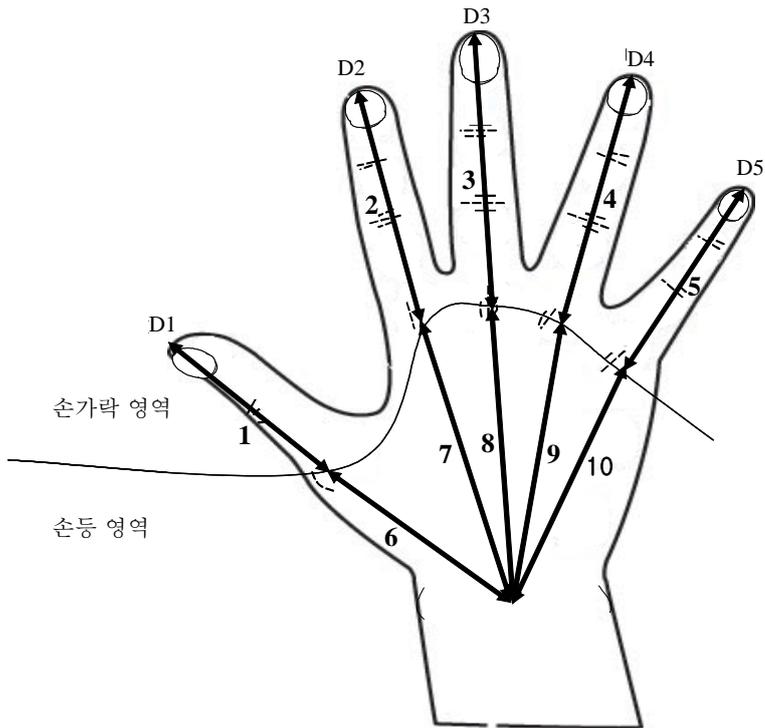


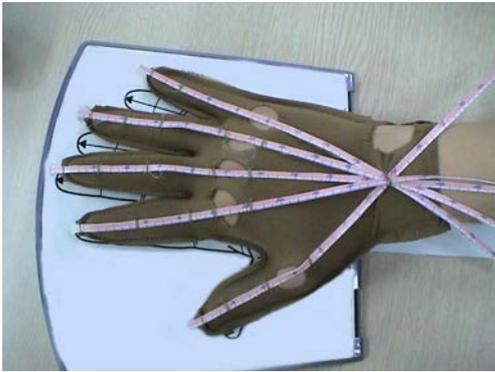
그림 4.1 측정 부위에 대한 그림 설명

4.1.3 측정 자세

손체표의 동적 길이변화율을 조사하기 위해 (a) 체표 길이가 신장되지 않은 자세로서 “자연스럽게 손을 펼친 자세”가, (b) 체표 길이가 최대한 신장된 자세로서 “주먹 쥔 자세”가 선정되었다(그림 4.2 참조). 손체표의 동적 길이변화율은 10개 측정 부위에 대해 아래 식 (1)과 같이 계산된다.

$$\text{동적 길이 변화율} = \frac{\text{체표 길이가 최대한 신장된 자세에서의 실측치}}{\text{체표 길이가 신장되지 않은 자세에서의 실측치}} \quad (1)$$

체표 길이가 신장되지 않은 자세는 Thomas(1991)가 손부위 측정 시 사용한 자연스럽게 손을 펼친 자세가 선정되었다. 그리고 체표 길이가 최대한 신장된 자세로서, 관절의 굽힘 각과 체표의 길이는 양의 선형관계가 있다고 밝혀져 있으므로(조경애, 1999), 네 손가락이 최대 굽힘 각을 가지는 주먹 쥔 자세(Green and Heckman, 1993)가 선정되었다. 이 때 네 손가락을 최대한 굽힌 후 엄지의 interphalangeal joint를 검지와 중지 사이에 위치시켰다. 자세를 통제하기 위해 손목의 외전(abduction)/내전(adduction)을 0°로 유지하고 손의 손등 쪽이 바닥 면과 수평을 이루도록 한 후, 이를 bubble indicator로써 확인하였다(그림 4.3 참조).



(a) 체표 길이가 신장되지 않은 자세 (b) 체표 길이가 최대한 신장된 자세
그림 4.2 측정 자세



(a) 체표 길이가 신장되지 않은 자세 (b) 체표 길이가 최대한 신장된 자세
그림 4.3 Bubble indicator를 이용한 측정 자세 확인

4.1.4 측정 도구 및 측정 방법

측정 오차를 줄이기 위해 그림 4.2와 같이 측정 부위와 대응하는 부분에 줄자가 부착된 장갑을 착용하여 측정이 수행되었다. 줄자는 각 digit의 끝점에서 고정되어 측정 부위(손등 관절과 전완의 안쪽 뼈와 바깥쪽 뼈 중심)를 지나며, 실고리로 장갑에 부착되어 사람의 손길이 차이 및 동작에 의한 체표 길이변화에 따라 길이 방향으로 유연성 있게 실고리 구멍 사이를

지나갈 수 있도록 하였다. 장갑은 성별(남, 여)내 손길이(소, 대)별로 총 4개가 제작되었으며, 손의 움직임을 충분히 수용할 수 있는 탄성 재질로 이루어져 관절의 운동 범위에 영향을 주지 않았다. 또한 한 명의 측정자가 모든 측정을 전담하여 측정오차를 줄일 수 있도록 하였다.

4.1.5 실험 계획

손체표의 동적 길이변화율(종속변수)에 유의한 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해, 성별(남, 여), digit(D1, D2, D3, D4, D5), 손영역(손가락, 손등), 손길이(대, 소)의 4개 독립변수와 피실험자가 사용되었다. 이때 digit과 손영역은 서로 교차하며, 손길이는 성별에, 피실험자는 손길리와 성별에 지분(nested)되었다. 모든 독립변수는 고정 효과를 가지며, 피실험자는 랜덤 효과를 가진다.

4.2 실험 결과 및 분석

동적 길이변화율의 분산분석 결과, 표 4.3과 같이 주효과의 경우 digit과 손영역이, 교호작용의 경우 성별×digit, 성별×손영역, digit×손영역이 유의하게 나타났다($\alpha = 0.001$). Digit과 손영역은 주효과가 동적 길이변화율에 유의한 영향을 미쳤으며, 성별과의 교호작용 역시 동적 길이변화율에 유의한 영향을 미쳤다. 그러나 손길리는 주효과와 관련 교호작용들이 동적 길이변화율에 유의한 영향을 미치지 않았다.

표 4.3 성별, 손길이, digit, 손영역에 따른 동적 길이변화율의 분산분석

Source	DF	SS	MS	F-value
성별	1	0.00275	0.00275	0.86
손길이(성별)	2	0.00546	0.00273	0.86
digit	4	0.51155	0.12789	132.50*
손영역	1	0.87542	0.87542	273.82*
성별×digit	4	0.02988	0.00747	7.74*
성별×손영역	1	0.05300	0.05300	16.58*
손길이(성별)×digit	8	0.02575	0.00322	3.33
손길이(성별)×손영역	2	0.02524	0.01262	3.95
digit×손영역	4	0.91804	0.22951	160.60*
성별×digit×손영역	4	0.01188	0.00297	2.08
손길이(성별)×digit×손영역	8	0.02857	0.00357	2.50
피실험자(성별, 손길이)	116	0.37011	0.00319	
digit×피실험자(성별, 손길이)	464	0.44785	0.00097	
손영역×피실험자(성별, 손길이)	116	0.37086	0.00320	
손가락×손영역×피실험자(성별, 손길이)	464	0.66310	0.00143	
Corrected total	1199	4.33947		

*: $p < 0.001$

유의한 교호작용(digit×손영역, 성별×digit, 성별×손영역)에 대해 simple effect 분석을 실시한 결과, digit×손영역만이 동적 길이변화율과 관련이 깊은 것으로 나타났다($\alpha = 0.001$). Simple effect 분석은 2개 이상의 독립변수들간의 교호작용을 분석할 때 사용되는 기법이다(Keppel, 1991). Digit×손영역에 대해 simple effect 분석을 실시한 결과, 손영역의 각 수준에서 digit에 따라 동적 길이변화율이 유의한 차이를 보이며, digit의 각 수준에서 손영역에 따라 동적 길이변화율이 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 손영역의 수준별 분석에서, 손가락 영역은 D5, D4, D3, D2, D1 순으로 동적 길이변화율이

유의하게 컸으며, 손등 영역은 D1, D3, D4, D5, D2 순으로 동적 길이변화율이 컸고 유의성 여부에 따라 세 개의 집단(D1, D3/D4/D5, D2)으로 나누어졌다(표 4.4, 그림 4.4 참조). 이때 손가락 영역의 동적 길이변화율은 Green and Heckman(1993)이 밝힌 digit별 각 관절의 동작 범위 합과 동일한 크기 순서였다(표 4.5 참조). Digit의 각 수준별 분석에서, D1은 손가락 영역보다 손등 영역이 더 큰 동적 길이변화율을 보였으나, 나머지 모든 digits은 손등 영역보다 손가락 영역이 더 큰 동적 길이변화율을 보였다.

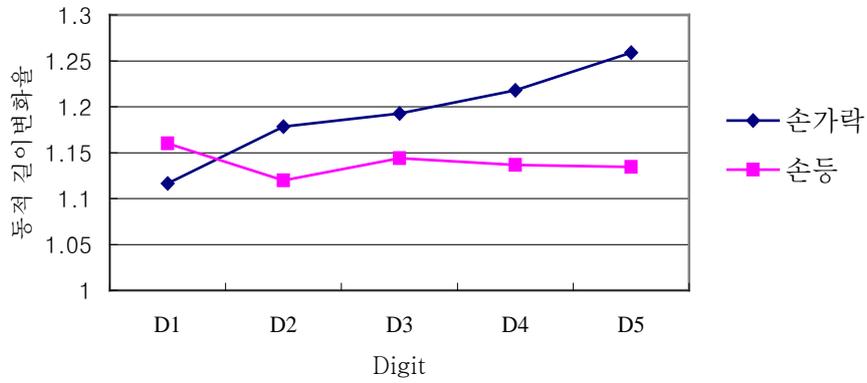
표 4.4 손영역 별 digit의 simple effect에 대한 Newman-Keuls 다중 비교 분석 (($\alpha = 0.001$)

손영역	Digit				
손가락	<u>D5(1.26)</u>	<u>D4(1.22)</u>	<u>D3(1.19)</u>	<u>D2(1.18)</u>	<u>D1(1.12)</u>
손등	<u>D1(1.16)</u>	<u>D3(1.14)</u>	<u>D4(1.14)</u>	<u>D5(1.13)</u>	<u>D2(1.12)</u>

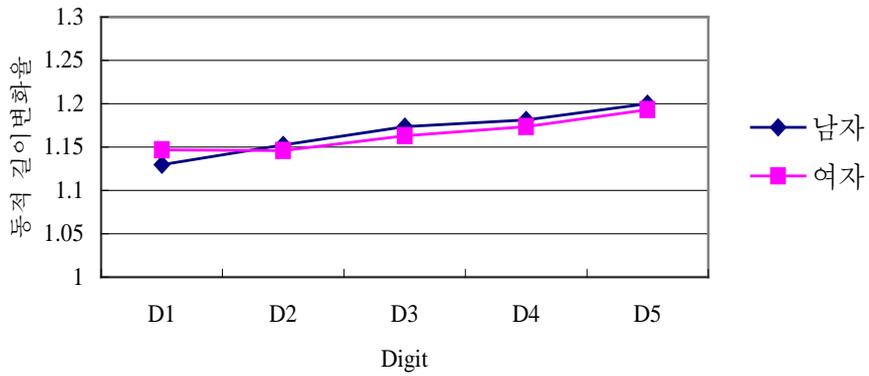
표 4.5 각 digit의 굽힘 동작 범위(Green and Heckman, 1993)

Joint	D2	D3	D4	D5
MP*	86°	91°	99°	105°
PIP**	102°	105°	108°	106°
DIP***	72°	71°	63°	65°
Total	260°	267°	270°	276°

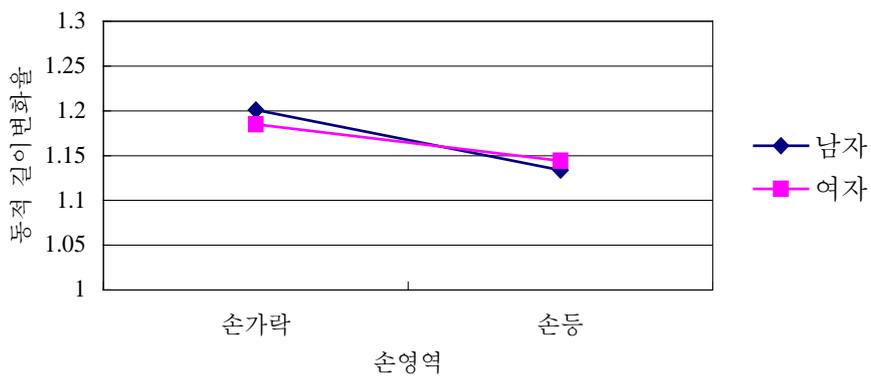
*: metacarpophalangeal joint, **: proximal interphalangeal joint, ***: distal interphalangeal joint



(a) digit × 손영역



(b) 성별 × digit



(c) 성별 × 손영역

그림 4.4 교호작용 분석

그러나 성별×digit, 성별×손영역의 교호작용과 관련해 성별의 simple effect는 전반적으로 동적 길이변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($\alpha=0.001$). 분석 결과 성별의 수준이 고정된 상태에서 digit이나 손영역의 simple effect는 유의한 것으로 나타난 반면, digit이나 손영역의 수준이 고정된 상태에서 성별의 simple effect는 유의하지 않았다. 성별에 관계 없이 digit별 동적 길이변화율은 D5(남: 1.20, 여: 1.19), D4(남: 1.18, 여: 1.17), D3(남: 1.17, 여: 1.16), D2(남: 1.15, 여: 1.15), D1(남: 1.13, 여: 1.15) 순으로 유의하게 컸으며, 손영역별 동적 길이변화율은 손가락 영역(남: 1.20, 여: 1.18)이 손등 영역(남: 1.13, 여: 1.14)보다 유의하게 컸다(그림 4.4 참조). 그러나 모든 digit 및 손영역 수준에서 성별의 simple effect는 유의하지 않았다.

동적 길이변화율에 영향력이 큰 독립변수(digit, 손영역)를 고려하여 표 4.6과 같이 장갑 설계 시 적용될 수 있는 손체표의 동적 길이변화율(1.12~1.26)을 정리하였다. 장갑 설계 시, 동작 편리성을 위해 이러한 각 손체표의 길이변화율이 고려될 필요가 있다. 예를 들어, 10개 부위 중 가장 큰 동적 길이변화(1.26)을 보인 손가락 영역의 D5에 대응하는 장갑 부분은 사용자가 동작 시 불편함을 느끼지 않도록 하기 위해 1.26 이상의 신축률이 필요하다.

표 4.6 손체표의 동적 길이변화율

손영역	Digit				
	D1	D2	D3	D4	D5
손가락	0.12	0.18	0.19	0.22	0.26
손등	0.16	0.12	0.13 ~ 0.14		

4.3 손체표의 동적 길이변화를 고려한 장갑의 신축률 결정

동적 편리성 향상을 위해 digit과 손영역에 따라 차이를 보이는 동적

길이변화율은 손의 관절에 대응되는 장갑 부분(이하 장갑의 관절 부분)을 탄성섬유나 여유주름으로 처리함으로써 설계에 적용될 수 있다. 이때 설계 용이성 측면에서 장갑의 관절 부분 중 일부들을 통합하여 신축처리하는 것이 효율적이다(그림 4.5 참조). 신축처리를 탄성섬유로써 할 경우, 동일한 탄성섬유를 장갑의 관절 부분에 공통적으로 부착하는 것이 효율적이며, 그 신축률은 손가락 영역의 D5가 가지는 동적 길이변화율(1.26) 이상일 때 손부위 전체에서 동작이 편안하게 이루어질 수 있다. 그러나 신축처리를 여유주름으로써 할 경우, 여유주름 크기는 장갑의 관절 부분 및 통합되어 설계되는 관절 부분별로 따로 결정되는 것이 적합하다. 예를 들어 장갑에서 손가락 영역의 D1 부분에 필요한 여유주름 크기는 대응되는 손부위의 [길이×동적 길이변화율]이 되며 통합되어 설계되는 손등 영역의 D2~D5의 여유주름 크기는 각각 대응되는 손부위의 [길이×동적 길이변화율] 중 최대값이 될 때, 손동작이 불편함 없이 수행될 것이다.

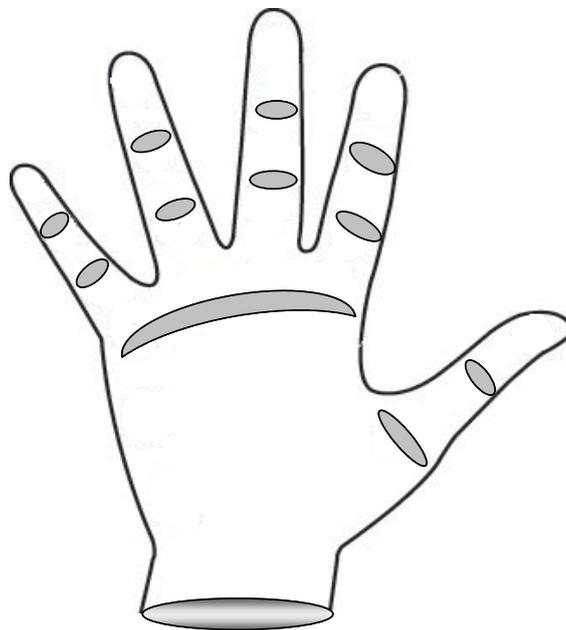


그림 4.5 장갑의 신축처리 부분

V. 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑 평가

본 장에서는 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑을 손의 수행도 측면에서 평가하여, 적합한 장갑 설계를 제안하였다. 우선 동적 길이변화가 고려되지 않은 장갑, 동적 길이변화가 고려된 장갑(관절 부분을 탄성섬유로 처리한 장갑, 관절 부분을 여유주름으로 처리한 장갑)을 제작하였다. 실험을 통해 24명의 남성 피실험자로 하여금 네가지 조건(세 종류의 장갑을 착용했을 때, 맨손일 때)별로 pegboard 작업과 그림 작업을 수행토록 한 후, 관련된 평가척도의 값을 측정하였다. 그리고 평가척도에 영향을 미치는 장갑의 특성 및 평가척도간 연관성을 파악하여 손의 수행도 측면에서 적합한 장갑 설계를 제안하였다.

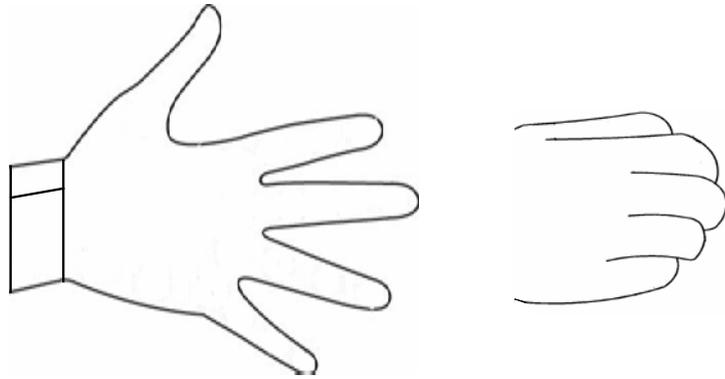
5.1 장갑 설계 대안

손체표의 동적 길이변화가 손의 수행도 측면에서 효율적으로 적용된 장갑설계를 제안하기 위해, 동적 길이변화가 고려되지 않은 장갑과 동적 길이변화가 고려된 장갑들(관절 부분을 탄성섬유로 처리한 장갑, 관절 부분을 여유주름으로 처리한 장갑)을 제작하였다(그림 5.1 참조). 동적 길이변화가 고려되지 않은 장갑(이하 일반장갑)은 일반적인 모양으로 설계되었으며, 다른 동적 길이변화가 고려된 장갑들과 손의 수행도를 비교하기 위해 제작되었다. 관절 부분을 탄성섬유로 처리한 장갑(이하 탄성섬유 장갑)은 각 관절 부분이 절개되고, 그 밑에 어느 정도의 힘으로 당겼을 시 100% 이상의 신축성(정상 길이 대비 늘어난 증분 길이)을 가지는 탄성섬유(라이크라)가 포함되어 설계되었다. 관절 부분을 여유주름으로 처리한 장갑(이하 여유주름 장갑)은 각 손부위의 여유주름 크기가 식 (1)과 같이 설정된 후, 해당 손부위의 관절 하나당 여유주름 크기가 식 (2)와 같이 설정되었다(표 5.1 참조).

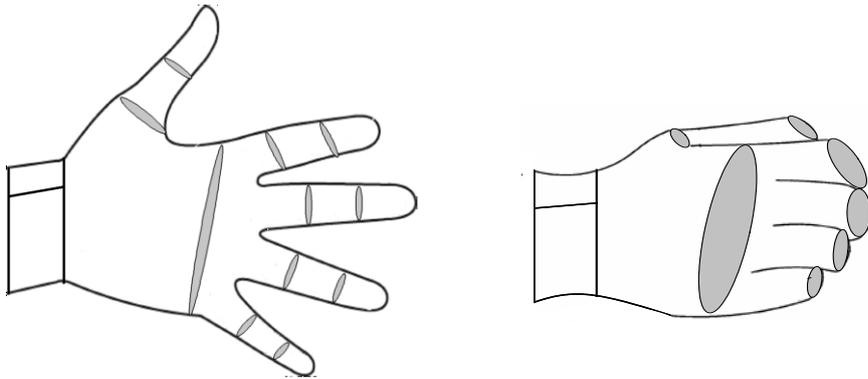
손부위의 전체 여유주름 크기=손부위의 길이×손부위의 동적 길이 변화율 (1)

$$\text{손부위의 관절 하나당 여유주름 크기} = \frac{\text{손부위의 전체 여유주름 크기}}{\text{손부위의 관절 수}} \quad (2)$$

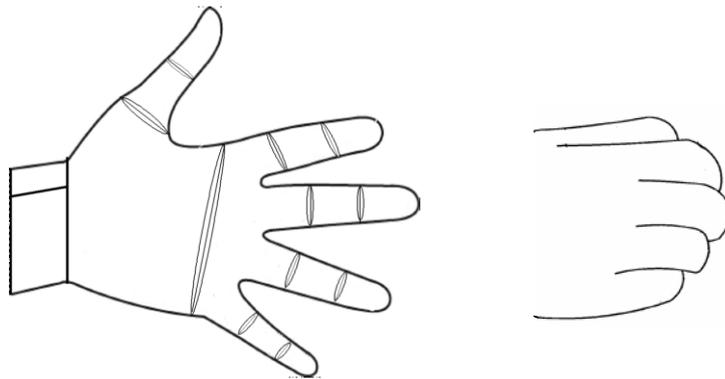
예를 들어, 손가락 영역의 D1은 하나의 관절만으로 이루어져 있으므로 해당 손체표의 여유주름 크기가 하나의 관절에 그대로 적용되지만, 손가락 영역의 D2, D3, D4, D5는 각각 두 개의 관절을 가지고 있으므로 여유주름 크기/2가 각 관절의 여유주름 크기로 결정되었다. 한편 손등 영역의 D2~D5 영역은 통합되어 여유주름으로 처리되므로 해당 손부위의 [길이×동적 길이 변화율] 중에서 최대치가 동일하게 여유주름 크기로 결정되었다.



(a) 일반 장갑



(b) 탄성섬유 장갑



(c) 여유주름 장갑

그림 5.1 장갑 설계 대안

표 5.1 여유주름 장갑의 여유주름 크기 도출 (US Army data의 남성 50%ile 적용사례)*

손영역	Digit	길이 (단위: cm)	동적 길이변화율-1	여유주름 크기 (단위: cm)	
				전체	관절
손가락	D1	7.0	0.12	0.8	0.8
	D2	7.5	0.18	1.4	0.7
	D3	8.4	0.19	1.6	0.8
	D4	7.9	0.22	1.7	0.9
	D5	6.5	0.26	1.7	0.9
손등	D1	6.8	0.16	1.1	1.1
	D2	11.0	0.12	1.6	1.6
	D3	11.1	0.14		
	D4	10.6	0.14		
	D5	9.5	0.13		

*: 장갑 설계 시 통합되어 신축처리되는 관절부를 음영으로 처리

세 종류의 장갑은 관절 부위의 처리 방식을 제외하고 모든 설계 요소가 동일하도록 제작되었다(그림 5.1 참조). 세 종류의 장갑은 US Army data에서 제시한 남성 50%ile 치수와 동일하며, 길이방향으로 신축성이 거의 없으며 너비방향으로 약간의 신축성이 있는 양가죽으로 제작되었다. 장갑 제작은 의복 제작 전문가를 통해 이루어졌으며 총 70개의 손측정변수가 사용되었다.

5.2 실험 방법

5.2.1 피실험자

피실험자는 손길이(18.9~19.5 cm)와 손둘레(20.8~21.4 cm)를 고려하여

선정된 20~29세 오른손잡이의 남성 24명이다. 이때 손길리와 손들레는 국민표준체위 조사보고서(한국표준과학연구원, 1997)에서 제시하는 방법으로 측정되었으며, US Army data 남성의 [50%ile 값-0.6cm, 50%ile] 범위를 가졌다. 피실험자는 상지 사용에 제한이 없는 대학생 혹은 대학원생이었으며 표 5.2와 같은 나이와 인체 특성을 가졌다.

표 5.2 피실험자 특징

측정 변수	평균	표준편차
나이	23.6 years	2.6 years
키	176.8 cm	4.11 cm
몸무게	71.0 Kgf	5.99 Kgf
손길리	19.2 cm	0.19 cm
손들레	21.0 cm	0.19 cm

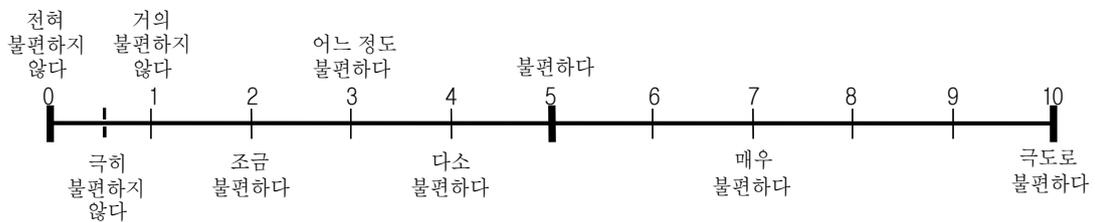
5.2.2 평가척도

본 연구는 장갑의 종류에 따른 손의 수행도 차이를 살펴보기 위해, 피실험자로 하여금 네가지 조건(세 종류의 장갑을 착용했을 때, 맨손일 때) 각각에 대해 pegboard 작업과 그림 작업을 수행토록 한 후 표 5.3과 같이 관련 객관적/주관적 평가척도의 값을 측정하였다. 객관적 평가척도와 관련해 작업 수행시간은 스톱워치를 사용해 측정되었으며, 최대 악력은 NK Digit-Grip device Model 1030를 통해 측정되었다. 주관적 평가척도(동작 불편성, 힘적용 불편성, 전반적 불만족도)는 수정된 Borg CR-10 scale을 통해 피실험자가 직접 평가 내렸다. 동작 불편성은 pegboard 작업 수행 시 장갑 착용으로 인해 동작이 불편한 정도를 의미하며, 힘적용 불편성은 쥐기 작업 시, 장갑 착용으로 인해 힘을 발휘하거나 동일한 힘을 유지하기 불편한 정도를 뜻한다. 장갑의 전반적

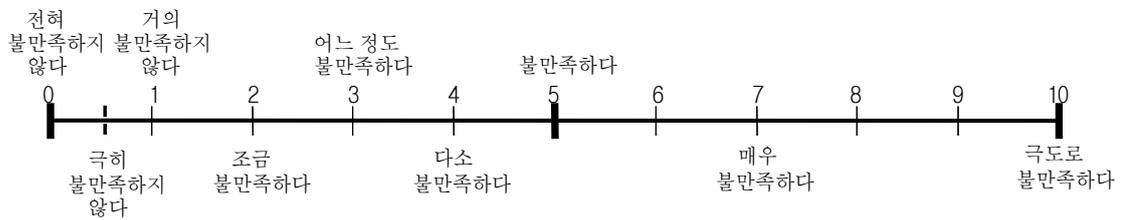
불만족도는 실제 장갑을 착용한 상태에서 다양한 작업을 수행한다고 가정했을 때 장갑의 전반적 불만족도를 의미한다. 사용된 주관적 평가척도는 visual analog scale로 Borg CR-10 scale(Borg, 1998)을 수정하여 만들어졌다. 0점은 제시된 평가척도 측면에서 선호도가 아주 높은 것(전혀 불편하지 않다 / 전혀 불만족하지 않다)을 의미하며, 10점은 선호도가 아주 낮은 것(극도로 불편하다 / 극도로 불만족하다)를 의미한다(그림 5.2 참조).

표 5.3 수행 작업별 평가척도

특성	수행 작업	
	Pegboard	그립
객관적	작업 수행시간	최대 악력
주관적	동작 불편성	힘적용 불편성
	전반적 불만족도	



(a) 동작 불편성 및 힘적용 불편성



(b) 전반적 불만족도

그림 5.2 주관적 평가척도의 Borg CR-10 scale

5.2.3 수행작업

본 연구에서 피실험자는 의자에 앉아 맨손 혹은 장갑을 착용한 상태에서 오른손을 사용하여 pegboard 작업을 수행했다. Pegboard는 17.3cm×15cm 단면적과 2.7cm의 높이를 가진 직육면체에 30개(6×5)의 구멍이 있는 판과 0.4cm의 반지름과 7.7 cm길이에 한 쪽 끝이 뾰족한 30개의 나무못으로 이루어져 있다(그림 5.3 참조). 이러한 pegboard는 71 cm 높이를 가진 작업대 위에 놓여 있으며, 피실험자는 그 앞에 놓인 높이를 조절할 수 있는 의자에 앉아 오른손을 이용해 작업을 수행했다. 이때 Hoffmann and Halliday (1997)가 조립 작업 시 채택한 자세를 참고하여, 피실험자는 상체를 똑바르게 펴서 앉아 팔꿈치를 90° 정도 굽힐 때 팔꿈치가 작업대보다 5~10cm 위쪽에 있도록 작업자세가 통제되었다(그림 5.4 참조). 판은 피실험자의 바로 앞쪽에 위치하며, 그 우측에 나무못이 두 줄로 배치된 상자(단면적: 19.2×18cm, 높이: 1cm)가 놓여 있는데, 상자의 높이 때문에 나무못이 시선에서 가려지지 않도록 하였다(그림 5.3 참조).

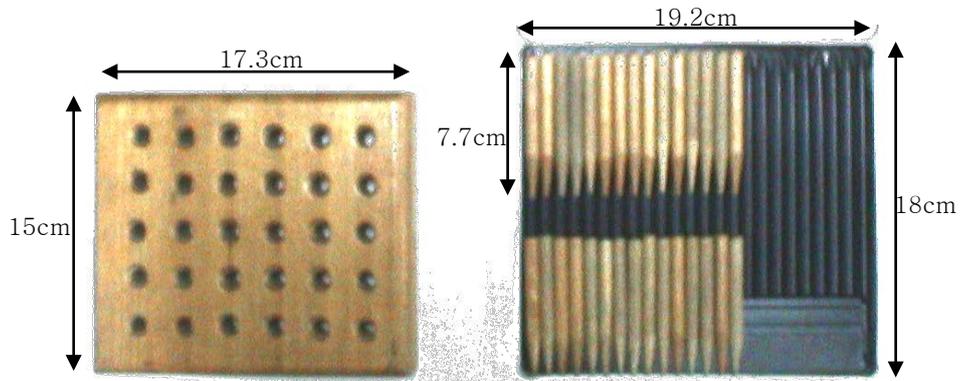


그림 5.3 Pegboard의 판과 나무못의 배치

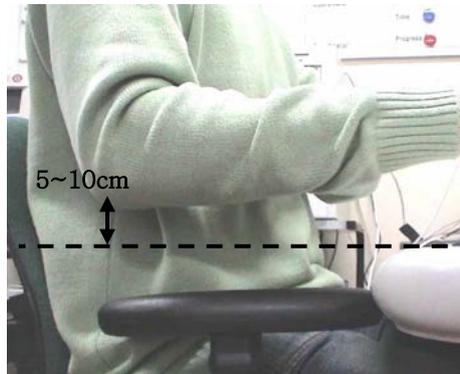


그림 5.4 피실험자의 팔꿈치와 작업대 윗면간의 간격

수행시간은 실험진행자의 시작 신호와 함께, 피실험자가 오른손을 이용해 상자 안에 들어 있는 30개의 나무못을 하나씩 집어 판의 구멍에 모두 꽂아 넣을 때까지 측정되었다. 이때 피실험자는 가능한 빠른 속도로 pegboard 작업을 수행하는데 중점을 두며, 나무못을 떨어뜨리거나 잘못된 위치에 놓지 않도록 주의하였다. 만일 피실험자가 나무못을 떨어뜨리거나 잘못된 위치에 놓을 경우, 그 pegboard 작업을 다시 수행하였다. 실험 중 피실험자가 나무못을 떨어뜨리거나 잘못된 위치에 놓은 횟수는 총 8회였다(맨손: 2회, 일반장갑: 1회, 탄성섬유 장갑: 3회, 여유주름 장갑: 2회).

모든 피실험자가 동일한 방법과 절차로 pegboard 작업을 수행하였다. 실험 시작 전 피실험자는 왼손으로 판의 좌측을 잡고 오른손을 작업대 위에 자연스럽게 놓은 채로 있었다. 판의 구멍은 그림과 같이 맨 위 줄부터 왼쪽에서 오른쪽으로 차례대로 나무못으로 채워진 후, 그 아래 줄들이 같은 순서대로 채워졌다(그림 5.5 참조). 하나의 pegboard 작업이 수행된 후 그 다음 작업은 2분 후에 수행되었다.

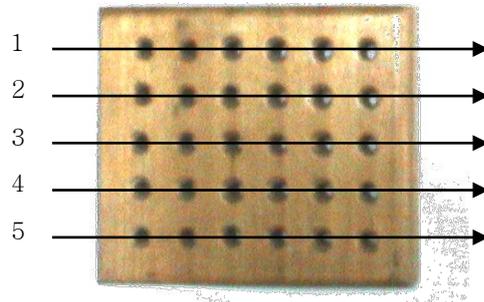


그림 5.5 나무못을 쪼는 순서

오른손의 그립 작업이 착용된 장갑 종류별로 등장성 최대 악력과 힘적용 불편성을 살펴보기 위해 실시되었다. 최대 악력은 스크루드라이버, 렌치, 스패너 등의 수공구를 사용한 작업의 수행도 평가 시 사용될 수 있다. 본 연구에서 최대 악력은 앉은 자세에서 NK Digit-Grip device Model 1030을 이용하여 측정되었다. NK Digit-Grip device Model 1030은 ± 100 Kgf까지 측정이 가능하며 0.04Kgf의 분해능과 $\pm 1\%$ 의 정확도를 가진다. 피실험자는 Hallbeck and McMullin (1993)이 제시한 자세를 참고하여, 앉은 부분 및 팔걸이의 높이가 조정되는 의자에 앉아 상체를 똑바로 펴서 위팔이 바닥 면에 수직이 되게 두고 팔꿈치를 90° 굽혔다(그림 5.6 참조). 그리고 엄지가 DIGIT-grip(폭: 4cm)의 위쪽을 향하게 한 후, 나머지 네 손가락으로 DIGIT-grip을 감싸면서 쥐었다. 기존의 연구들은 최대 악력이 나이, 주로 사용하는 손(hand dominance), 성별, 손과 손목의 위치의 영향을 받는다고 밝히고 있다(Jung and Hallbeck, 2002; Hallbeck and McMullin, 1993). 따라서 본 연구에서는 20대의 오른손잡이 남성에게 대해서만 피실험자로 참여시켰다. 그리고 손과 손목의 위치를 그림5.6과 같이 고정시켰다.



그림 5.6 그립 작업 자세

최대 악력은 피실험자가 5초 동안 DIGIT-grip을 가능한 세계 질 때 나오는 수치 중 처음과 마지막의 1초씩을 뺀 나머지 3초 동안 값의 평균으로 계산되었다. 최대 악력 발휘 방법 및 최대 악력 계산은 Caldwell et al.(1974)이 제시한 정적 근력 검사 절차에 맞추어 수행되었다. 피실험자는 갑작스레 DIGIT-grip을 쥐지 않고 약 1초 동안 점차적으로 힘을 주어 최대 힘에 이른 다음, 그 힘을 4초 동안 유지하였다. 하나의 쥐기 작업이 수행된 후 그 다음 작업은 120 초 후에 수행되었다. 참고로 기존의 최대 악력을 측정한 연구들의 그립 지속시간은 3~4초이며 휴식 시간은 45~120초였다(Fennigkoh et al., 1999; Hallbeck and McMullin, 1993; Jung and Hallbeck, 2002; Tsaousidis and Freivalds, 1998).

5.2.4 실험 절차

모든 실험은 실험실 안에서 이루어졌으며, 하나의 실험당 한명의 실험진행자와 피실험자가 참여하였다. 실험진행자는 모든 실험에서 동일했으며, 실험의 내용을 피실험자에게 설명하고 실험을 절차에 맞추어 진행하며 객관적 평가척도를 기록하였다. 피실험자는 실험진행자의 요구에 맞추어 작업을 수행하고 세 종류의 장갑에 대해 주관적 평가척도를 직접 평가하고 평가 사유를 언급하였다.

실험은 크게 세 단계(예비 실험, 본 실험, 실험 후 인터뷰)로

구성되었으며, 약 1시간 동안 지속되었다. 예비실험에서 피실험자는 실험진행자로부터 사전에 준비된 안내문을 들으면서 실험에 대한 전반적인 내용을 숙지한 후, 동의서를 작성하고, 나이와 인체 치수를 기록하였다. 피실험자의 인체 치수 중 손길이와 손둘레는 실험진행자가 측정 후 기록되었다.

본 실험에서 피실험자가 Latin square 방식으로 순서가 할당된 네가지 조건(세 종류의 장갑을 착용했을 때, 맨손일 때)별로 pegboard 작업과 그림 작업을 수행한 다음, 관련 평가척도들이 측정되었다. 모든 피실험자는 pegboard 작업을 네가지 조건 별로 먼저 수행한 후, 쥐기 작업을 수행하였다. 네가지 조건은 Latin square 방식으로 순서로 피실험자에게 할당되어, 작업 순서로 인해 발생할 가능성이 있는 학습이나 피로 효과를 상쇄시킬 수 있도록 하였다.

실험 후 인터뷰에서는 피실험자는 장갑 설계에 대해 평가하고 실험 시 힘들었던 점을 언급하였다. 장갑 설계와 관련해 그림 5.7과 같이 의미 미분법(semantic differential scale)을 통해 여유주름 장갑의 여유주름의 양이 손동작 시 모자라거나 남지 않았는지에 대해, 그리고 탄성섬유 장갑에 사용된 탄성섬유의 신축성이 작거나 크지 않았는지에 대해 직접 평가 내렸다. 이를 통해 장갑 설계의 개선사항을 파악할 수 있었다.



(a) 탄성섬유 장갑의 신축성



(b) 여유주름 장갑의 여유주름

그림 5.7 장갑 설계에 관한 평가척도

5.3 실험 결과 및 분석

평가척도의 분산분석 결과, 표 5.4와 같이 모든 평가척도들의 값이 장갑의 종류에 따라 유의하게 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 객관적 평가척도는 네가지 조건(맨손일 때, 세 종류의 장갑을 착용했을 때)에 대해 측정이 이루어졌기 때문에 자유도가 3이나, 주관적 평가척도는 세가지 조건(세 종류의 장갑을 착용했을 때)에 대해 측정이 이루어지기 때문에 자유도가 2이다. 참고로 객관적 평가척도의 경우, 맨손을 제외한 상태에서 분산분석을 시행했을 때도 장갑의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다.

표 5.4 장갑 종류에 따른 평가척도 값의 분산분석

평가척도	DF	SS	MS	F-value
Pegboard 작업 수행시간	3	5466.875	1822.292	76.43*
최대 악력	3	495.652	165.217	19.46*
동작 불편성	2	144.215	72.108	105.46*
힘적용 불편성	2	146.882	73.441	83.17*
전반적 불만족도	2	191.896	95.948	83.90*

*: $p < 0.05$

모든 평가척도에 대해 장갑의 종류에 따른 Newman-Keuls 다중 비교 분석을 실시한 결과, 세 종류의 장갑이 대부분 유의한 차이를 가지며 여유주름 장갑이 다른 장갑에 비해 공통적으로 우수한 평가치를 받은 것으로 나타났다(표 5.5, 그림 5.8~10 참조). Pegboard 작업 수행시간은 여유주름 장갑, 탄성섬유 장갑, 일반 장갑 순으로 작았으며, 역으로 민첩성이 높았다. 최대 악력 역시 여유주름 장갑, 탄성섬유 장갑, 일반 장갑 순으로 크게 나타났으며, 주관적 평가척도(동작 불편성, 힘적용 불편성, 전반적 불만족도)도 같은 순서로 선호도가 높았다. 그러나 맨손에 비해 장갑 착용 시 공통적으로

pegboard 작업 수행시간이 증가하고 최대 악력이 감소하였다. 한편 탄성섬유 장갑과 여유 장갑은 pegboard 작업의 경우 같은 집단으로 분류되었으나, 최대 악력의 경우에는 다른 집단으로 구분되었다.

표 5.5 장갑 종류에 따른 평가척도 값의 다중 비교 분석

평가척도	장갑 종류			
	← 신호			비 신호 →
Pegboard 작업 수행시간	맨손	여유주름 장갑	탄성섬유 장갑	일반 장갑
최대 악력	맨손	여유주름 장갑	탄성섬유 장갑	일반 장갑
동작 불편성	여유주름 장갑	탄성섬유 장갑	일반 장갑	
힘적용 불편성	여유주름 장갑	탄성섬유 장갑	일반 장갑	
전반적 불만족도	여유주름 장갑	탄성섬유 장갑	일반 장갑	

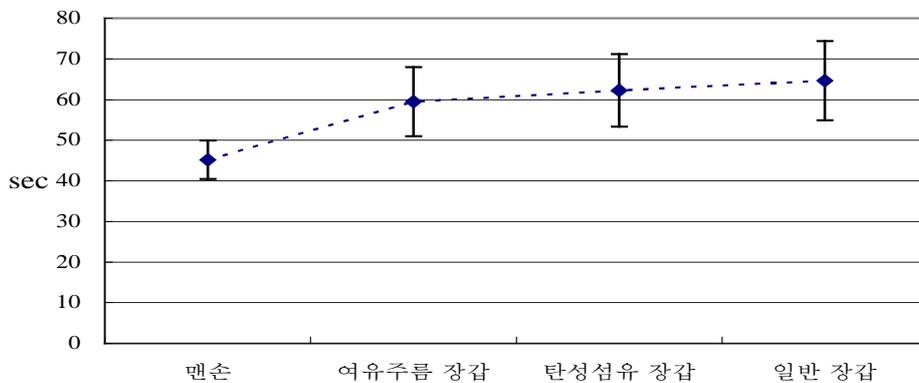


그림 5.8 Pegboard 작업 수행시간

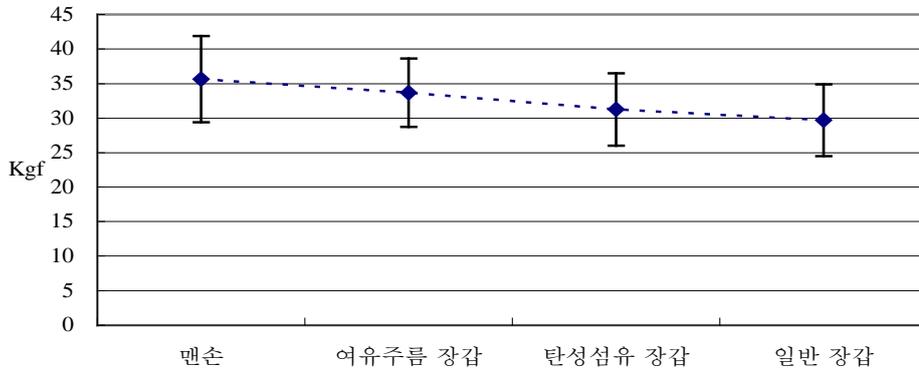
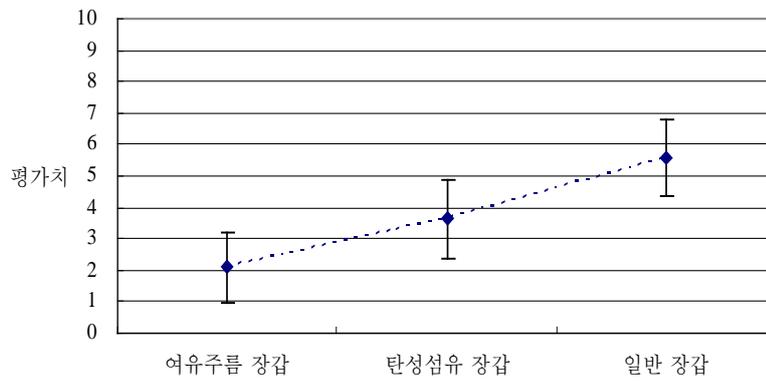
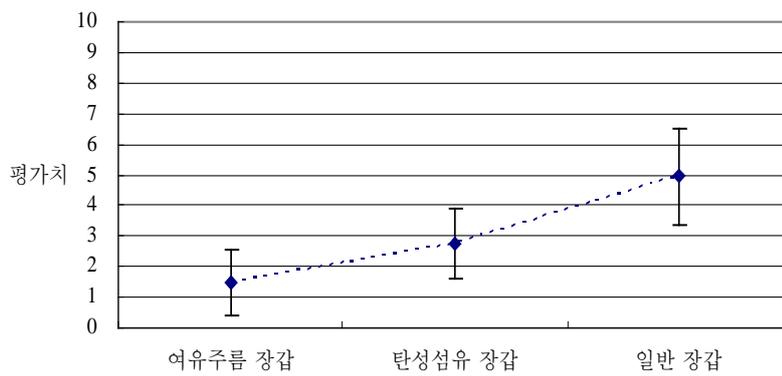


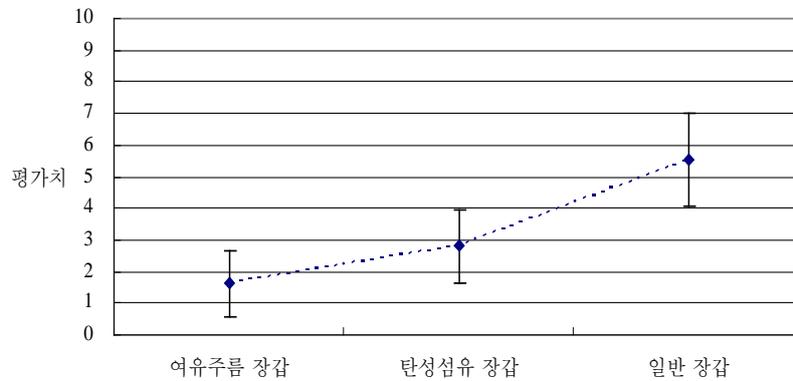
그림 5.9 최대 약력



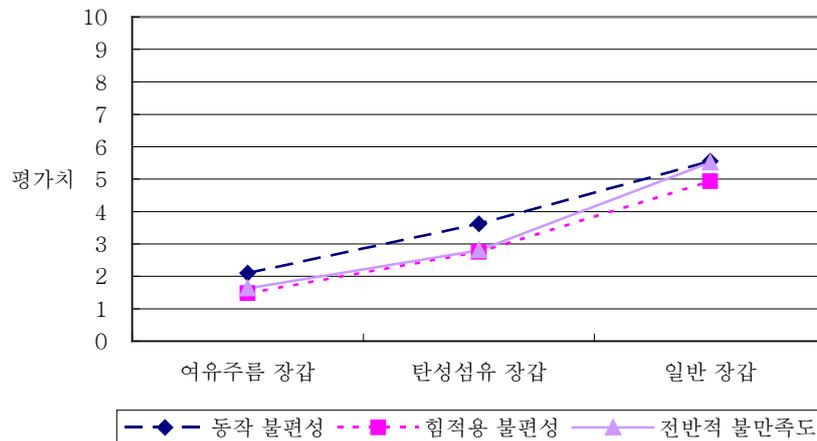
(a) 동작 불편성



(b) 힘적용 불편성



(c) 전반적 불만족도



(d) 주관적 평가척도 값 비교

그림 5.10 주관적 평가척도 값

평가척도들간의 상관분석 결과, 객관적 평가척도들(작업 수행시간, 최대 악력)간 및 주관적 평가척도들(동작 불편성, 힘적용 불편성, 전반적 불만족도) 간, 그리고 동일한 작업을 대상으로 한 평가척도들간에 상관관계가 존재하는 것으로 나타났다($p < 0.05$, 표 5.6 참조). 주관적 평가척도들간에는 높은 상관관계(0.789~0.905)가 존재했으나, 객관적 평가척도인 pegboard 작업 수행시간과 최대 악력간에는 낮은 상관관계(-0.305)가 존재하였다. 또한 동일한

작업을 대상으로 측정된 객관적/주관적 평가척도(작업 수행시간:동작 불편성, 최대 악력:힘적용 불편성)간에도 낮은 상관관계(0.381, -0.205)가 존재하였다. 한편 작업 수행시간과 힘적용 불편성간, 전반적 불만족도와 객관적 평가척도(작업 수행시간, 최대 악력)간에는 유의한 상관관계가 존재하지 않았다.

표 5.6 평가척도들간 상관관계

평가치		객관적		주관적		
		작업 수행시간	최대 악력	동작 불편성	힘적용 불편성	전반적 불만족도
객관적	작업 수행시간					
	최대 악력	-0.305*				
주관적	동작 불편성	0.381*	-0.233*			
	힘적용 불편성	0.157	-0.250*	0.789*		
	전반적 불만족도	0.168	-0.187	0.832*	0.905*	

*: $p < 0.05$

피실험자로부터 언급된 동작 불편성과 힘적용 불편성 평가에 대한 사유를 정리한 결과, 평가에 가장 큰 영향을 미친 요인으로 동작 편리성이 있었으며, 그 밖에 다른 요인들이 있었다(표 5.7 참조). 동작 편리성은 동작 불편성과 힘적용 불편성에 모두 영향을 미쳤으며, 여유주름 장갑, 탄성섬유 장갑, 일반장갑 순으로 선호도가 높았다. 그 외 여유주름 장갑은 손동작에 따른 여유주름 신장으로 인해 손끝의 밀착성이 저하될 수 있으며, 여유주름 부분이 손끝에서 걸리는 경우가 발생해 착용이 용이하지 않다는 언급이 있었다. 또한 탄성섬유 장갑이 가지는 탄성회복력은 그립 작업 시 발휘한 악력의 유지를 어렵게 만든다는 언급이 있었다.

표 5.7 주관적 평가 사유

(a) 주관적 평가에 영향을 미친 요인*

특성	동작 불편성	힘적용 불편성	전반적 불만족도
동작 편리성	○	○	○
손끝의 밀착성	○		○
탄성 회복력		○	○
착용 용이성			○

* ○: 연관관계 존재

(b) 장갑 종류별 주관적 평가의 요인 선호도*

특성	일반 장갑	탄성섬유 장갑	여유주름 장갑
동작 편리성	×	△	○
손끝의 밀착성	○	○	×
탄성 회복력	○	×	○
착용 용이성	○	○	×

* ○: 선호, △: 중립, ×: 비선호

장갑 설계와 관련해 여유주름 장갑이 가지는 여유주름 크기는 전반적으로 적당하다는 의견이 많았으나, 탄성섬유 장갑이 가지는 탄성섬유의 신축성은 작거나 조금 작다는 의견이 많았다(표 5.8 참조). 여유주름 장갑의 경우, 피실험자 24명 중 6명만이 여유주름이 조금 남는다고 하였으며 나머지 모두는 여유주름 양이 적당하다고 언급하였다. 한편 특정 관절 부위에 대해서 여유주름 크기가 남거나 조금 남는다고 언급한 피실험자(손등 관절: 3명, 소지: 2명, 약지: 1명)가 있었다. 반면 탄성섬유 장갑의 경우, 5명만이 신축성이 적당하다고 언급했을 뿐, 나머지 모두는 신축성이 작거나 조금 작다고 언급하였다.

표 5.8 장갑 설계요소의 평가별 피실험자 수

설계요소	매우 작음	작음	조금 작음	적당함	조금 큼	큼	매우 큼
탄성섬유의 신축성	-	6	13	5	-	-	-
설계요소	매우 모자람	모자람	조금 모자람	적당함	조금 남음	남음	매우 남음
여유주름 크기	-	-	-	18	6	-	-

VI. 토의

6.1 장갑의 주요 변수 결정 및 치수체계 적용

본 연구에서는 주요 변수 후보들과 손측정변수들간의 우위 및 절대상관분석 그리고 회귀분석을 통해 손길이와 손둘레를 장갑설계의 주요 변수로 제안하였다. 우위상관분석에서 길이 치수유형의 변수들과 둘레 치수유형의 변수들이 각각 손길이, 손둘레와 전적으로 높은 연관성이 존재하였고, 너비 치수유형의 변수들은 손너비뿐만 아니라 손둘레와도 높은 연관성이 있는 것으로 분석되었다. 절대상관분석에서는 길이 치수유형의 변수들은 손길이와, 둘레 치수유형과 너비 치수유형의 변수들은 손둘레와 상대적으로 높은 연관성을 가짐을 보여 주었다. 마지막으로, 손길이-손둘레와 손길이-손너비를 주요 변수 후보쌍으로 사용한 회귀분석 결과 손길이와 손둘레를 주요 변수로 사용하는 것이 손길이와 손너비를 주요 변수로 사용하는 것보다 다른 손측정 변수에 대해 상대적으로 설명력이 높은 것으로 분석되었다.

그러나, 손길이와 손너비를 주요 변수로 사용하는 것은 치수의 표시 및 치수인식의 용이성 측면에서 손길이와 손둘레를 주요 변수로 사용하는 것보다 유용할 수 있다. 예를 들어, 적합한 크기의 치수를 사용자들이 쉽게 인식할 수 있도록 표시하기 위해서는 그림 6.1 과 같이 2 차원 상에 도식화될 수 있는 손너비의 경우가 손둘레에 비해 유용하기 때문이다. 즉 장갑의 손길이와 손둘레의 치수는 2 차원으로 도식화된 그림으로 사용자의 손길이, 손둘레와의 적합성을 쉽게 확인할 수 있으나, 손둘레의 경우 3 차원 상에서 줄자를 이용한 직접 계측을 시행해 적합성을 확인해야 하는 번거로움이 있다.

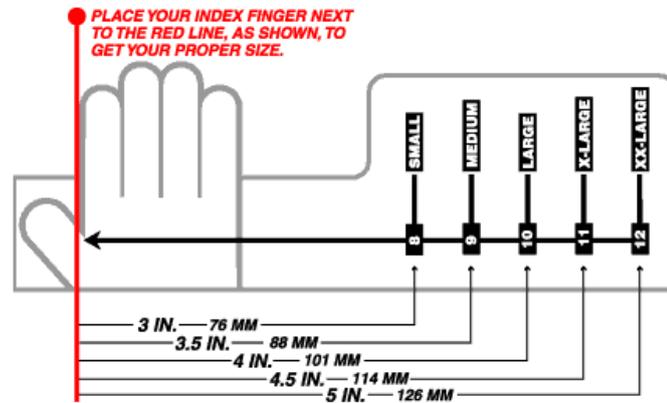


그림 6.1 손너비를 사용한 사이즈 차트 예 (Centuryperformance, 2003)

본 연구에서 선정된 손길리와 손둘레의 장갑설계 주요 변수는 장갑 착용의 적합성을 향상시킬 뿐 아니라, ISO 4418(1978)에서 제안하는 장갑설계 주요 변수의 이론적 근거를 제공할 수 있을 것이다. 장갑 착용의 적합성(fitness)을 높이기 위해서는 많은 손측정변수들의 특성을 반영할 수 있어야 하는데, 손길리와 손둘레는 다른 손측정변수들과 연관성이 높기 때문에 손측정변수의 특성을 효과적으로 장갑설계에 반영할 수 있을 것이다. 또한, 선정된 주요 변수(손길리, 손둘레)는 ISO 4418 에서 제안하고 있는 주요 변수와 동일하여, ISO 4418 에서 미흡한 주요 변수의 이론적인 근거를 제공할 수 있을 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 선정된 주요 변수(손길리, 손둘레)의 적용 사례로 사용된 장갑치수체계 설정에는 치수간격과 기준 출현율의 결정이 필요하다. 치수간격은 측정자료의 분포특성, 착용 적합성 그리고 생산 경제성을 고려하여 결정되나, 그 외 장갑의 종류, 재질 및 사용 목적에도 영향을 받을 수 있다. 또한, 치수체계의 보다 효율적인 설정을 위해서는 기준 출현율의 결정이 중요하며, 이는 생산 경제성과 사용자 수용율에 대한 정량적이고 객관적인 분석을 필요로 한다.

6.2 손체표의 동적 길이변화율 측정

측정된 10개 손부위 모두가 동작에 따라 길이변화(112~126%)가 일어났으며($p < 0.001$), 이는 장갑의 동작 편리성 향상을 위해 설계에 고려될 필요가 있다. 10개의 측정 부위는 손동작에 의해 길이변화가 일어나는 손부위로서 손등 쪽에서의 digit(D1, D2, D3, D4, D5)과 손영역(손가락, 손등)의 조합으로 선정되었다. 10개의 손부위 중 평균적으로 가장 많은 동적 길이변화율을 보인 곳은 손가락 영역의 D5(126%)이며, 가장 작은 동적 길이변화율을 보인 곳은 손가락 영역의 D1과 손등 영역의 D2(112%)였다. 사용자가 동작 시 불편함을 느끼지 않기 위해서, 장갑의 관절 부분은 대응하는 손체표의 [길이 × 동적 길이변화율]만큼 신축되는 것이 요구된다.

Digit 별 동적 길이변화율은 각 digit의 MCP, PIP, DIP 관절의 동작 범위 합과 동일한 크기 순서를 나타냈다. 예를 들어 digit 중 가장 큰 동적 길이변화(1.26)를 보인 D5는 MCP, PIP, DIP joint의 전체 동작 범위 합 역시 가장 큰 값(276°)을 나타냈다. 이는 조경애(1999)가 밝힌 관절 각과 체표의 동적 길이변화율은 양의 선형 관계가 존재한다는 결과에 부합한다.

체표 길이가 최대한 신장된 자세로서 채택된 주먹을 쥔 자세는 네 손가락(D2~D5)에 대해서 최대로 굽혀짐을 보장하나, 엄지에 대해서는 그렇지 못했다. 엄지는 다른 네 손가락과 굽힘 각의 기준축이 다르기 때문에, 다른 네 손가락과 동시에 최대한 굽히는 것이 불가능해 동적 길이변화의 측정이 용이하지 않았다. 또한 동작 범위의 개인차가 큰 것으로 알려져(Green and Heckman, 1993) 정확한 대표값을 제시하기 어렵다. 분석 결과 손가락 영역에서 D1의 동적 길이변화율이 5개의 digit 중 가장 작은 것으로 나타났는데, 이는 엄지의 굽혀짐이 최대한 이루어지지 않았기 때문으로 생각될 수 있다.

본 연구에서는 기준 자세와 손가락을 편 자세에서의 손부위를 측정하여 이들의 최대 길이 변화율을 조사하고, 성별, 손길이, digit에 대한 분산분석을 시행해 최대 길이 변화율에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 digit과

손길이로서 선정하였다. 손가락 영역의 경우 D5, D4, D3, D2, D1 순으로 길이변화율이 컸으며, 다섯 개의 digit이 모두 유의한 차이를 갖는 것으로 나타났다. 손등 영역의 경우 D1, D3, D4, D5, D2 순으로 최대 길이 변화율이 컸으며, 유의성 여부에 따라 세 개의 집단(D1, D3/D4/D5, D2)으로 나누어졌다.

6.3 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑 평가

본 연구에서 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑(탄성섬유 장갑, 여유주름 장갑)이 일반 장갑에 비해 모든 평가척도에서 선호되었다. 일반적으로 장갑을 착용한 상태에서의 손동작 시, 관절이 굽혀지는 부분에 천이 접혀 들어가 손가락간의 거리가 증가하며 손과 물체 사이에 장갑이 존재해 손의 촉감 인식력이 감소하는데, 이는 장갑 치수, 재질의 마찰계수 및 두께의 영향을 받는다(Bensel, 1993; Muralidhar et al., 1999; Chen et al., 1989). 또한 장갑은 손동작을 제한해 동작 범위를 감소시키는데, 이는 장갑 재질의 신축성 및 패턴 설계와 관련 깊다. 탄성섬유 장갑과 여유주름 장갑은 일반장갑과 비교해 치수와 재질이 동일하나, 동작 편리성이 높은 패턴으로 설계되어 모든 평가척도에서 선호된 것으로 보인다.

동적 길이변화가 고려된 장갑 중에서도 탄성섬유 장갑에 비해 여유주름 장갑이 공통적으로 선호되는 평가치를 받았으나, 작업 특성에 따라 장갑의 선호 정도는 차이를 보였다. 여유주름 장갑 착용 시 pegboard 작업 수행시간은 59.5초로 탄성섬유 장갑의 62.3초에 비해 5.4% 작으며, 다중 비교 분석 결과 탄성섬유 장갑과 같은 집단으로 분류되었다. 그러나 여유주름 장갑 착용 시 최대 악력은 33.7Kgf로 탄성섬유 장갑의 31.3Kgf에 비해 10.8% 높았으며, 다중 비교 분석 결과 탄성섬유 장갑과 다른 집단으로 구분되었다. 이렇게 작업에 따라 장갑의 선호 정도에 차이가 발생하는 이유는 작업에 따라 요구되는 장갑의 특성이 다르기 때문이다. 여유주름 장갑의 낮은 손끝 밀착성은 pegboard 작업의 나무못을 반복해서 잡는 동작에 부정적인 영향을 주나,

그립작업에는 큰 영향을 주지 않았다. 반면 탄성섬유 장갑의 탄성 회복력은 pegboard 작업에 큰 영향을 주지 않으나, 그립 작업 시 발휘한 악력을 유지시키는데 부정적인 영향을 준다.

사용된 평가척도들은 동작 편리성의 영향을 주로 받았으나, 그 외 손끝의 밀착성, 탄성 회복력, 착용 용이성의 영향을 받았다. 주관적 평가 사유를 정리한 결과, 장갑 착용 시 동작 편리성이 주관적 평가에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났으며, 이로 인해 주관적 평가척도들간에 높은 상관관계가 있었던 것으로 보인다. 반면 객관적 평가척도들간의 상관관계 및 객관적 평가척도들과 주관적 평가척도들의 상관관계는 높지 않거나 존재하지 않았는데, 이는 평가척도들에 따라 영향을 미치는 요인이 달랐기 때문으로 보인다. 동작 편리성 외에 pegboard 작업은 손끝 밀착성의 영향을 받았으며, 그립 작업은 탄성 회복력의 영향을 받았다. 그리고 전반적 불만족도는 손끝 밀착성, 탄성 회복력, 착용 용이성의 영향을 받았다.

장갑평가 결과는 여유주름 장갑의 여유주름 양과 탄성섬유 장갑의 신축성의 영향을 받은 것으로 보인다. 여유주름 장갑의 여유주름의 양은 전반적으로 적당하다는 의견이 많았으며, 탄성섬유 장갑의 신축성은 조금 작거나 작다는 의견이 많았다. 여유주름 장갑의 여유주름 크기는 본 연구에서 측정한 동적 길이변화율을 고려하여 결정되었다. 반면 탄성섬유 장갑은 그 신축성이 실제로는 100%을 넘었으나 작다는 의견이 많이 나왔다. 이는 피실험자가 동작에 따라 탄성섬유가 신장시킬 때 소요되는 힘이 크다고 인식했기 때문으로 보인다. 따라서 설계된 여유주름 장갑의 여유주름 양은 적당하며, 탄성섬유 장갑의 신축성이 작다고 인식됐던 것이 실험 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

VII. 결론

본 연구에서는 3개 주요 변수 후보들(손길이, 손둘레, 손너비)과 장갑설계에 필요한 70개 손측정변수들간의 우위 및 절대상관분석, 그리고 두가지 주요 변수 후보쌍들(손길이-손둘레, 손길이-손너비)과 다른 67개 손측정변수들간의 회귀분석을 토대로 손길이와 손둘레를 장갑설계의 주요 변수로 선정하였다. 그리고, 선정된 손길이와 손둘레를 주요 변수로 적용한 장갑치수체계 설정 과정을 예시하였다. 결과적으로 1988년 US Army 자료를 이용한 장갑의 치수체계는 0.5 inch의 치수간격과 2%의 기준 출현율을 사용할 경우 남성 8개(90.24% 수용), 여성 6개(97.61% 수용)로 설정되었다.

Digit과 손영역이 조합된 10개 손부위를 손을 자연스럽게 편 자세와 주먹 쥔 자세에서 측정하여, 이들의 자세변화에 따른 동적 길이변화율을 조사하였다. 그리고 성별, 손길이, digit, 손영역에 대한 분산분석 및 simple effect 분석을 수행해 동적 길이변화율에 유의한 영향을 미치는 독립변수로서 digit과 손영역을 선정하였다. 10개 손부위 모두가 동작에 따라 길이변화(112~126%)가 일어났으며, 이는 장갑의 동작 편리성 향상을 위해 설계에 고려될 필요가 있다. 구체적으로, 동적 길이변화율은 장갑의 관절 부분을 탄성섬유나 여유주름으로 처리함으로써 설계에 적용될 수 있다.

손체표의 동적 길이변화를 고려하여 설계된 장갑(탄성섬유 장갑, 여유주름 장갑)이 일반 장갑에 비해 모든 평가척도에서 선호되는 것으로 나타났다. 그리고 동적 길이변화가 고려된 장갑 중에서도 탄성섬유 장갑에 비해 여유주름 장갑이 공통적으로 선호되는 평가치를 받았으나, 작업 특성에 따라 장갑의 선호 정도는 차이를 보였다. 평가척도들간 상관분석과 주관적 평가의 사유를 정리한 결과, 주관적 평가척도는 전반적으로 동작 편리성이 고려되어 평가되었으나, 객관적 평가척도는 동작 편리성 외에 다른 요인들(손끝 밀착성, 탄성 회복력)이 어느 정도 고려되어 평가된 것으로 보였다.

참고 문헌

- 강신영 (1995). 설계를 통한 스키 장갑의 품질향상. *IE 매거진*, 2(1), 26-29.
- 김혜경, 박순지, 서추연, 석은영 (2002). 목운동에 따른 목과 어깨 부위의 체표변화에 관한 연구. *한국의류학회지*, 21(1), 33-49.
- 문명옥 (2002). 하의 치수 체계에 관한 연구(만 19-24 세를 중심으로). *한국의류학회지*, 26(7), 1036-1042.
- 박영득, 함옥상 (1982). 동작에 따른 하지피부면의 변화에 관한 연구(제 1 보). *대한가정학회지*, 20(4), 19-28.
- 박영득, 함옥상 (1983). 동작에 따른 하지피부면의 변화에 관한 연구(제 2 보). *대한가정학회지*, 21(2), 19-28.
- 신승우, 김요찬, 류태범, 유희천 (2003). 인간공학적 작업장 설계를 위한 인체측정변수의 분류체계 개발. *대한인간공학회 2003 춘계학술대회지*.
- 윤훈용 (2003). 한국 성인의 손부위 측정치에 관한 연구. *대한산업공학회지*, 16(2), 140-148.
- 정명숙, 이순원, 성화경, 김구자 (2002). 인체측정 용어 표준화를 위한 연구. *대한인간공학회지*, 21(4), 91-106.
- 조경애 (1999). 상지 형태와 의복 소매에 관한 인간공학적 연구(제 2 보). *대한인간공학회지*, 18(1), 91-108.
- 조성희 (1993). 체표 길이변화의 상관성 분석. *한국의류학회지*, 17(4), 622~637.
- 한국표준과학연구원 (1997). 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서. *국립기술품질원*.
- Adams, S. Keith. (1988). Maximum voluntary hand grip torque for circular electrical connectors. *Human factors*, 30(6), 733-745.
- Ashdown, Susan P. (1998). An investigation of the structure of sizing systems. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10(5), 324-341.

- Banks, Willian W. (1979). The effect of degraded visual and tactile information on diver work performance. *Human Factors*, 21(4), 409-415.
- Batra, S., Bronkema L.A., Wang M.J., and Bishu R.R. (1994). Glove attributes: Can they predict performance? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, 201–2099.
- Bellingar, Theresa A., and Slocum, Ann C. (1993). Effect of protective gloves on hand movement: an exploratory study. *Applied Ergonomics*, 34(4), 244-250.
- Bensel, Carolyn K. (1993). The effect of various thicknesses of chemical protective gloves on manual dexterity. *Ergonomics*, 36(6), 687-696.
- Bishu, Ram R., and Kim, Byungjoon (1995). Force-endurance relationship: dose it matter if gloves are donned. *Applied Ergonomics*, 26(3), 179-185.
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*.
- Bradely, James V. (1969a). Effect of gloves on control operation time. *Human Factors*, 11(1), 13-20.
- Bradely, James V. (1969b). Glove characteristics influencing control manipulability. *Human Factors*, 11(1), 21-36.
- Caldwell, Lee S., Chaffin, Don B., Dukes-Dobos, Francis N., Kroemer, K. H. E., Laubach, Lloyd L., Snook, Stover H., and Wasserman, Donald E. (1974). A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *American industrial hygiene association journal*, 35, 201~206.
- Centuryperformance (2003). Glove sizing chart. Retrieved September 9, 2003, from <http://www.centuryperformance.com/mechanix/sizing.htm>.
- Chen, Y., Cochran, D.J., Bishu, R.R., and Riely, M.W. (1989). Glove size and material effects on task performance. *Proceedings of the 33rd annual human factors meeting*, 33, 708-712.
- Chiari, L., Rocchi, L., and Cappello, A. (2002). Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 17, 666-677.
- Fennigkoh, Larry, Garg, Arun, and Hart, Barbara (1999). Mediating effects of wrist reaction torque on grip force production, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23(4), 293-306.

- Fleming, Shirley L., Jansen, Caroline W., and Hasson, Scott M. (1997). Effect of work glove and type of muscle action on grip fatigue. *Ergonomics*, 40(6), 601-612.
- Goldsberry, E., Shim, S., and Reich, N. (1996). Woman 55 years and older: overall satisfaction and dissatisfaction with fit of ready-to-wear. Part II. *Clothing and Textiles Research Journal*, 14(2), 121-131.
- Gordon, C. C., and Friedl K.E. (1994). Anthropometry in the US Armed Forces. In: Ulijaszek SJ (ed.). Anthropometry: The Individual and the population. *Cambridge University Press: Cambridge, UK*.
- Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Churchill, Y., Clauser, C. E., McConville, J. T., Tebbetts, I. O., and Walker, R. A. (1988). 1988 Anthropometric survey U.S. ARMY [Data file]. Retrieved December 1, 2003, from National Technical Information Service Web site, <http://www.ntis.gov>.
- Green, W. B., and Heckman, J. D. (1993). The clinical measurement of joint motion (pp. 43-51). *Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons*.
- Greiner, T. M. (1991). Hand anthropometry of U.S. army personnel. *U.S. army Natick research, development and engineering center*. Natick: MA. (NTIS No. ADA244533).
- Hallbeck, M.S. and McMullin, D.L. (1993). Maximal power grasp and three-jaw chuck pinch force as a function of wrist position, age, and glove type. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11, 195-206.
- Hidson, D. (1991). Development of a standard anthropometric dimension set for use in computer-aided glove design. DREO technical note 91-22. *Defence research establishment OTTAWA*.
- Hoffmann, Errol, and Halliday, Johnny (1997). Manual assembly learning and performance of left- and right-handers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 41-47.
- Imamura, R., Rissanen, S., Kinnunen, M., and Rintamäki, H. (1998), Manual performance in cold conditions while wearing NBC clothing. *Ergonomics*, 41(10), 1421-1432.
- ISO (1978). Size designation of clothes (gloves), *ISO 4418*.

- Jung, Myung-Chul, and Hallbeck, M. Susan (2002). The effect of wrist position, angular velocity, and exertion direction on simultaneous maximal grip force and wrist torque under the isokinetic conditions, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29(3), 133-143.
- Keppel, G. (1991). Design and Analysis: A researcher's handbook (3rd ed.) (pp. 236-245). *New Jersey: Prentice Hall.*
- Konz, S. (1988). Work design: industrial ergonomics (2nd ed.) (pp. 519-535). *Publishing Horizons, Inc., Columbus, Ohio.*
- Labat, K.L., and DeLong, M.R. (1990). Body cathexis and satisfaction with fit of apparel. *Clothing and Textile Research Journal*, 8(2), 42-48.
- Laing, Raechel M, Holland, Elizabeth J., Wilson, Cheryl A., and Niven, Brain E. (1999). Development of sizing systems for protective clothing for the adult male. *Ergonomics*, 42(1), 1249-1257.
- McCulloch, C.E., Paal, B., and Ashdown, S.P. (1998). An optimization approach to apparel sizing. *Journal of the Operational Research Society*, 49, 492-299.
- Mital, A., Kuo, T., and Fard, H. (1994). A quantitative evaluation of gloves used with nonpowered hand tools in routine maintenance tasks. *Ergonomics*, 37, 333-343.
- Muralidhar, A., Bishu, R. R., and Hallbeck, M. S. (1999). The development and evaluation of an ergonomic glove. *Applied Ergonomics*, 30, 555-563.
- Nelson, J. B. and Mital, A. (1995). An ergonomic evaluation of dexterity and tactility with increase in examination/surgical glove thickness. *Ergonomics*, 38, 723-733.
- Pierce, Bernard F. (1963). Effect of wearing a full-pressure suit on manual dexterity and tool manipulation. *Human factors*, 5, 479-484.
- Robinette, K.M., and Annis, J.F. (1986). A Nine-Size System for Chemical Defense Gloves [Abstract]. Technical Report (AAMRL-TR-86-029) (AD A173 193). Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, OH.
- Roebuck, J.A. (1995). Anthropometric methods designing to fit the human body. USA Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA.

- Rosenblad-Wallin, E. (1987). An anthropometric study as the basis for sizing anatomically designed mittens. *Applied ergonomics*, 18(4), 329-333.
- Schmidt, Sergio Luis, Oliveira, Rosinda Martins, Rocha, Fabíola Ribeiro, and Abreu-Villaca, Yael(2000), Influences of Handedness and Gender on the Grooved Pegboard Test, *Brain and Cognition*, 44(3), 445-454.
- Shih, R.H., Vasarhelyi, E.M., Dubrowski, A., Carnahan, H. (2001). The effects of latex gloves on the kinetics of grasping. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28, 265–273.
- Sudhakar, L. R., Schoermarklin, R. W., Lavendar, S. A., and Marras, W. S. (1988). The effects of gloves on grip strength and muscle activity. *Proceedings of the Human Factors, Society 32nd Annual Meeting*, 32, 8-11.
- Thomas, M.G. (1991). Hand anthropometry of U.S. army personnel. U.S. army Natick research, *Development and engineering center*, MA. (NTIS No. ADA244533).
- Tiffin, Joseph, and Asher, E. J. (1948). The Purdue Pegboard: Norms and studies of reliability and validity. *Journal of Applied Psychology*, 32, 234-247.
- Tsaousidis, Nikitas, and Freivalds, Andris (1998). Effect of gloves on maximum force and the rate of force development in pinch, wrist flexion and grip. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28, 265–273.
- Webb Associates. (1978). Anthropometric Source Book Volume I: Anthropometry for Designers (NASA RP-1024). *Yellow Springs*, OH: Author. (NTIS No. N79-13711).