

## 휠체어 장애인의 대량맞춤복을 위한 사이즈 체계 개발: 남성 정장 사이즈

박광애<sup>1)</sup> · 박장운<sup>1)</sup> · 양정은<sup>2)†</sup> · 전은진<sup>3)</sup> · 유희천<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>포항공과대학교 산업경영공학과

<sup>2)</sup>대구카톨릭대학교 패션디자인과

<sup>3)</sup>경북대학교 의류학과

### Development of a Sizing System of Mass-customized Clothing for Wheelchair Users: Men's Suit Sizes

Kwangae Park<sup>1)</sup>, Jangwoon Park<sup>1)</sup>, Chungun Yang<sup>2)†</sup>, Eunjin Jeon<sup>3)</sup>, and Heecheon You<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Industrial and Management Engineering, POSTECH; Pohang, Korea

<sup>2)</sup>Dept. of Fashion Design, Catholic University; Daegu, Korea

<sup>3)</sup>Dept. of clothing & Science, Kyungpook National University; Daegu, Korea

**Abstract :** This study develops a sizing system of mass-customized male suits for wheelchair users. One hundred and three male wheelchair users' 21 anthropometric dimensions were measured to identify body shapes and develop a sizing system. The measured wheelchair users' body sizes were compared with the average body sizes of Korean males from the 6<sup>th</sup> Korean Body Size Survey to understand the body size differences between two groups. As a result of body shape classification using the KS's Drop method, wheelchair user body shapes were classified into four shapes for upper-body (A: 32%, B: 26%, BB: 24%, and Y: 18%), and two shapes for lower-body (B: 70% and A: 30%). The upper-body of wheelchair users was relatively developed than Korean males; however, the lower-body was relatively stunted. The key dimensions of a sizing system were selected as chest circumference, waist circumference, and trunk length, outside leg length based on the correlation analysis between anthropometric measures. The top sizes were determined considering chest and waist circumferences for horizontal sizes, and additionally the trunk length was divided into short, medium, and long groups for vertical sizes. The bottom sizes were selected considering the waist and hip circumferences for horizontal sizes, and additionally their outside leg length was divided into short, medium, and long groups for vertical sizes.

**Key words :** wheelchair users(휠체어 장애인), sizing system(사이즈 체계), drop(드롭), key dimensions(중요 치수)

## 1. 서 론

휠체어 장애인은 사회적, 경제적 활동의 증가로 정장에 대한 필요성이 요구되어지고 있지만, 기존 기성복 정장은 항상 앉은 자세로 착용해야하는 휠체어 장애인에게는 잘 맞지 않는 문제가 있다. 휠체어 장애인은 하반신 마비 또는 절단으로 보행이 불가능함으로 장시간 휠체어 사용과 운동부족으로 인해 하반신은 왜소화되는 체형적 특성이 있고, 휠체어 바퀴를 돌림으로 인해 겨드랑이둘레, 위팔둘레, 어깨길이, 가슴둘레 등 상반신이 발달된다. 또한 허리 힘 부족으로 허리가 앞으로 굽어지는 경향이 있어 앞중심길이가 짧아지고, 등길이가 길어지는 체형의 특성이 있다(Kim, 1992; Park & Kwon, 2009). 이로 인해 정장류와 같은 피트성이 있는 의복을 착용할 때 치수의 부적합함의

문제가 많이 발생된다. Park and Kwon(2008)은 기성복 정장에 대한 휠체어 장애인의 불만족도 조사에서 정장재킷의 어깨 길이와 품은 평균적으로 작은 반면, 재킷길이는 대체로 길어 신체 부위별 재킷의 사이즈 밸런스가 맞지 않아 불편한 것으로 파악하였다. 정장바지의 경우 소아마비 장애인, 척추장애는 하반신 마비로 인한 왜소화 현상으로 바지통, 밑위길이, 바지 길이가 대부분 큰 반면, 절단장애인은 의족착용으로 인해 바지통이 좁은 것으로 파악되었는데, 이는 비장애인의 기성복 정장의 치수가 휠체어 장애인에게 부적합하여 불만족의 원인이 되고 있음을 알 수 있다. 또한 선행연구(Park & Kwon, 2008)에서 휠체어 장애인의 신체특성을 고려한 정장 필요성에 90% 이상 필요하다는 연구결과를 토대로 휠체어 장애인의 정장 개발이 시급하다고 판단된다.

휠체어 장애인의 다양한 신체적 특성과 의복의 심미성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 개인별 인체적합성이 우수한 의복을 설계하기 위해 대량맞춤(Mass customization) 전략이 필요하다. 휠체어 장애인은 장애정도, 장애년수, 재활운동 여부 등

†Corresponding author; Chungun Yang

Tel. +82-53-850-3534, Fax. +82-53-850-3519

E-mail: chungunyang@cu.ac.kr

에 따라 개인별 체형 특성이 다양하기 때문에 휠체어 장애인의 개별적 신체 특성을 고려할 수 있는 맞춤형이 높은 착용 만족도를 줄 수 있다. 그러나 휠체어 장애인의 대부분은 경제적으로 열악하기 때문에 고가의 맞춤형 구매는 비현실적인 것으로 파악되고 있다. Park and Kwon(2008)은 휠체어 장애인의 약 8%만이 맞춤복을 구매하며, 그 원인은 기성복이 맞춤복에 비해 상대적으로 매우 저렴하기 때문이라고 보고하였다. Jang (2008)은 의류의 대량맞춤 생산의 한 방법으로 선주문후생산을 통해 규격화된 인체치수체계와 소비자 선호도에 따른 선택사항을 제공한다면 저렴한 비용으로 만족도가 높은 의복을 제공할 수 있을 것으로 제안하고 있다. 따라서 휠체어 장애인의 다양한 신체적, 경제적 조건을 만족시킬 수 있는 의복을 제공하기 위해서는 대량맞춤 생산 시스템 개발이 요구된다.

휠체어 장애인의 의복 대량맞춤(Mass customization) 생산 시스템을 설계하고 효율적으로 운영하기 위해 우선적으로 휠체어 장애인의 체형특성을 반영한 사이즈체계가 필요하다. Jung and Lee(2002)는 대량맞춤 전략 수행에 도움을 주기 위해서는 체형분류가 선행되어야 하고, 인체의 크기 및 체형의 형태적 요소를 포괄하는 다양하고 세분화된 체형 유형화와 치수 규격이 필요하다고 하였다. Kim and Lee(1993)에 의하면, 인체는 높이, 길이, 둘레, 두께, 너비 등 다차원적인 요소들이 복합되어 곡면체를 이루면서 독특한 개개인의 체형을 형성하고 있기 때문에 몇 개의 특징을 갖는 체형으로 분류해야 될 필요성이 있다고 하였다. 최근 휠체어 장애인 의류산업 활성화를 위한 체형분류와 사이즈 연구들이 진행되었다. Han(2007)은 가슴둘레, 배둘레, 앉은키를 기본 신체치수로 하여 척추장애인의 기성복 사이즈 체계를 연구하였고, Park and Sung(2010)은 드롭치수(가슴둘레와 허리둘레의 차이)를 이용하여 휠체어 장애인의 상반신 체형을 분류하여 가슴둘레, 허리둘레, 키를 기본 신체치수로 한 휠체어 장애인의 상의 사이즈 체계를 제안함으로써 휠체어 장애인의 의류산업의 가능성을 보여주었다. 그러나 선행연구의 인체 측정방법과 사이즈 기본 신체치수 설정은 휠체어 장애인에 적용하기에는 한계점이 있다. 선행연구의 인체측정 방법에서 키는 누운 자세에서 측정하였고, 그 외 다른 항목들은 측정 의자에 착석하여 인체측정학적 바른 자세에서 인체측정을 하였다. 그러나 실제로 휠체어 장애인은 허리힘 부족과 오랜 휠체어 생활로 인해 바른 자세를 취하기 어려운 경우가 많다. 따라서 피트성이 있는 정장의 사이즈 개발을 위해서는 휠체어에 편

안하게 앉은 자세 특성을 반영한 인체치수가 필요하다고 여겨진다. 휠체어 장애인을 대상으로 한 사이즈체계에 대한 선행 연구에서 Park and Sung(2010)은 가슴둘레, 허리둘레, 키를 기본 신체치수로 제안하였고, Han(2007)은 가슴둘레, 배둘레, 앉은키를 기본 신체치수로 제시하였다. 그러나 실제로 매장에서 휠체어 장애인의 키를 측정하는 것 어려운 문제이고, 바른 자세로 앉아 있기 힘든 휠체어 장애인의 앉은키의 치수는 기본 신체치수로 설정하기에 한계점이 있다고 판단된다. 따라서 피트성이 요구되는 휠체어 장애인의 정장 대량맞춤의 사이즈 개발을 위해 휠체어 착석상태에서의 정확한 인체 치수 정보가 필요하고, 휠체어 장애인에게 용이하게 적용될 수 있는 사이즈 체계가 우선적으로 요구된다.

본 연구는 휠체어 장애인의 정장 대량맞춤 생산에 필요한 사이즈 체계 개발을 위해 20~69세의 성인 남성 휠체어 장애인 193명을 대상으로 인체측정을 실시하였다. 휠체어에 항상 앉아서 정장을 착용하는 휠체어 장애인의 신체 특성을 반영하고자 휠체어에 착석 상태에서 인체측정을 실시하고 다음의 내용을 분석하고자 한다. 첫째, 비장애인 대비 휠체어 장애인의 앉은 자세에서의 신체특성을 파악하고 상관관계 분석을 통하여 사이즈 체계 설정에 중요한 신체항목(key dimensions)을 선정한다. 둘째, 우리나라 남성 체형 구분 방법인 Drop치에 의해 휠체어 장애인의 체형을 구분하여 각 체형별 신체 특성을 파악하고자 한다. 셋째, 생산의 효율성과 휠체어 장애인의 착용감을 높일 수 있는 사이즈 간격을 설정하여 체형별 사이즈 체계를 개발하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 연구대상

본 연구는 휠체어를 사용하는 성인 남자 장애인 193명을 대상으로 인체측정을 실시하였다. 인체측정에 참여한 휠체어 장애인들은 재활동, 직업 활동 등 사회 활동을 적극적으로 하는 남성 장애인들로 구성되었으며, 연구 대상자의 나이는 평균 43세(SD=9), 범위는 20~69세이었다. Table 1은 본 연구에 참여한 휠체어 장애인들의 장애유형과 연령대 분포를 나타내고 있다. 척추장애인은 약 80%로 가장 많았으며, 연령대는 30대, 40대, 50대 순으로 약 85%의 많은 분포를 나타내고 있는데, 이는 30대, 40대, 50대 연령의 휠체어 남성 장애인이 활발한

**Table 1.** Disability types and age ranges of wheelchair users participated in the study

Type of disability	Age					Total(%)
	20s	30s	40s	50s	60s	
Polio	1(0.5)	3(1.6)	13(6.7)	3(1.6)		20(10.4)
Spinal cord injury	13(6.7)	49(25.4)	54(28.0)	34(17.6)	6(3.1)	156(80.8)
Brain lesions	5(2.6)	1(0.5)	1(0.5)		2(1.0)	9(4.6)
Amputation	1(0.5)	5(2.6)	1(0.5)	1(0.5)		8(4.2)
Total(%)	20(10.3)	58(30.1)	69(35.8)	38(19.7)	8(4.1)	193(100)

사회적 활동을 하는 것으로 추정할 수 있다. 또한 본 연구 대상자인 휠체어 장애인은 선천적 질병보다는 후천적 사고 또는 산업재해 등으로 인한 척수장애, 절단장애인이 85%를 차지하고 있다.

**2.2. 인체측정**

휠체어 장애인은 마비, 척수손상 등 신체기능의 저하로 인해 인체측정학적 바른 자세를 취하기 어려운 신체적 한계점이 있다. 또한 대부분의 시간을 휠체어에 앉은 자세에서 의복을 착용하고 있음을 고려하여 휠체어에 앉은 자세에서의 신체 특성을 파악할 필요가 있다. 측정 자세는 평소 휠체어에 앉은 자세를 취하게 한 후 팔은 자연스럽게 내리게 한 상태에서 측정하였다. 하지절단 장애인인 경우 의족을 착용한 상태에서 인체측정을 실시하였고, 인체측정 시 오른 쪽을 기준으로 하지만 장애로 인해 좌우 크기가 다를 경우 큰 부위를 측정하였다. 휠체어 장애인은 앉은 자세에서 허리둘레선의 구분이 명확하지 않으므로 배꼽수준허리둘레를 측정하였고, 앉은 자세에서는 엉덩이둘레선이 사선으로 위치가 변함으로 엉덩이사선둘레를 측정하였다. 측정항목은 남성복 사이즈 설정과 패턴제작에 필요한 21개 항목을 선정하였고, 밑위길이(다리가쪽길이-다리안길이)는 계산하여 분석에 추가하였다(Fig. 1, Table 2).

**2.3. 분석방법**

휠체어 장애인의 맞춤복 시스템에 필요한 사이즈 체계를 개발하기 위해 3단계의 절차를 통해 분석하였다. 첫째, 휠체어 장애인 193명에 대한 인체측정치와 Korean Agency for Technology & Standards(2010)의 성인남자 20~65세 인체측정치의 평균값을 비교하여 신체부위별 휠체어 장애인의 신체특성을 파악하였고, 상관관계 분석을 통하여 중요 신체 항목을 파악하였다. 둘째, 휠체어 장애인의 대량맞춤복의 사이즈체계 개발을 위해 체형분류를 실시하였다. 휠체어 장애인 대량맞춤복 생산시스템이 추후 기존 의류산업 현장에서 활용되기 위해

서는 우리나라 남성복 체형분류 기준을 따르는 것이 적절하다고 판단된다. 따라서 본 연구는 성인 남성복의 한국산업규격에 따른 체형분류 방법(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2004)을 적용하여 휠체어 장애인의 체형을 구분하고 각 체형별 신체특성을 분석하였다. 피트성이 필요한 우리나라 남성복의 상의용 체형은 드림(가슴둘레와 허리둘레의 차이)에 의해 역삼각 체형(Y형), 보통 체형(A형), 허리가 굽은 체형(B형), 배가 나온 체형(BB형)으로 구분하고, 하의용 체형은 하드림(허리둘레와 엉덩이둘레의 차이)에 의해 보통체형(A형), 허리가 굽은 체형(B형)으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 휠체어 장애인의 허리둘레 대신 배꼽수준허리둘레를 드림치수 산출에 적용하였다. 셋째, 휠체어 장애인의 사이즈 체계에 필요한 기본 의복치수 항목을 규정한 후 인체측정 치수간의 편차와 선행 연구 논문(Park & Sung, 2010), 그리고 우리나라 남성복 사이즈 구간을 참고로 하여 휠체어 장애인의 사이즈 간격을 설정하였고, 각 체형별 사이즈 체계를 개발하였다. 본 연구의 분석에 사용된 휠체어 장애인의 인체측정 자료는 각 측정항목 별 평균  $\pm$ (표준편차 $\times$ 3)의 범위에서 벗어난 데이터를 이상치로 판단하여 제거한 후 통계처리 하였고, Minitab 통계프로그램을 분석에 사용하였다.

**3. 결과 및 논의**

**3.1. 휠체어 장애인의 신체특성**

휠체어 성인 남성 장애인 193명의 인체측정 자료를 분석하여 평균, 표준편차, 최소값, 최대값을 산출하였고, 비장애 성인 남성 20~65세의 인체측정 평균치(Size Korea, 2010)와 비교분석하였다(Table 3). 인체치수의 평균 비교에서 겨드랑뒤벽사이길이를 제외한 모든 항목에서 휠체어 장애인은 비장애인과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 상반신의 인체측정 항목에서 목둘레, 가슴둘레, 위팔둘레, 어깨길이, 팔길이 등은 휠체어 장애인이 비장애인보다 크고, 겨드랑앞벽사이길이는 휠체어 장

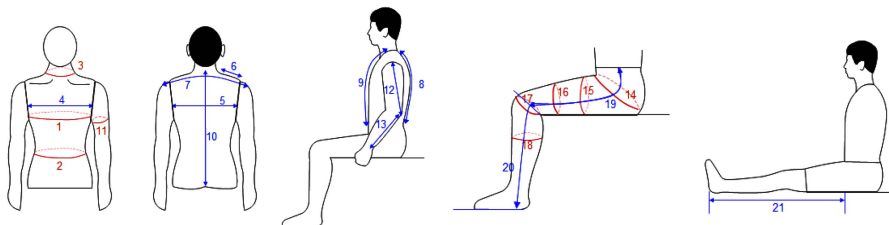


Fig. 1. Anthropometric methods of wheelchair users.

Table 2. Measurement items of wheelchair user's

Measurement items
1. Chest circumference 2. Waist circumference(Omphalion) 3. Neck circumference 4. Front interscye length 5. Back interscye length 6. Shoulder length 7. Bishoulder length 8. Waist back length(omphlion) 9. Neck point to breast point to waistline(omphalion) 10. Trunk length 11. Upper arm circumference 12. Upperarm length 13. Arm length 14. Hip circumference 15. Thigh circumference 16. Midthigh circumference 17. Knee circumference 18. Calf circumference 19. Knee length 20. Outside leg length 21. Inside leg length

**Table 3.** Comparison of body dimensions of wheelchair users and non-disabled

Items	Non-disabled (n=2654)				Wheelchair users (n=193)				t-value
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	
Neck circumference	37.5	2.2	31.1	46.4	42.0	2.4	34.0	48.5	25.35***
Chest circumference	95.7	6.2	79.0	133.6	100.8	8.2	79.0	124.0	8.49***
Waist circumference (omphalion)	84.8	8.3	61.8	145.4	89.5	10.2	68.5	120.0	6.27***
Hip circumference	94.0	5.7	79.1	146.0	97.8	9.6	74.0	124.0	5.44***
Upperarm circumference	30.5	2.6	22.7	42.0	32.5	3.8	22.0	43.0	7.46***
Shoulder length	13.6	1.3	9.5	19.8	14.9	1.2	12.0	18.0	14.40***
Bishoulder length	42.2	2.7	32.8	51.7	45.9	3.3	37.0	55.5	15.25***
Front interscye length	36.6	2.2	28.5	44.1	33.6	2.3	28.0	42.0	-17.59***
Back interscye length	40.9	2.7	32.2	50.6	40.5	3.4	33.5	51.0	-1.6
Upperarmlength	33.4	1.8	27.9	41.4	34.9	1.8	30	41.0	11.20***
Armlength	57.9	2.9	48.8	68.3	61.1	2.9	54.5	68.5	14.48***
Waist back length (omphalion)	47.0	2.5	38.3	55.3	46.4	3.4	34.5	57.5	-2.41*
Trunklength	68.4	3.1	56.9	77.9	69.4	4.5	54.0	81.0	3.04**
Thigh circumference	55.7	4.5	36.7	88.2	43.7	7.9	26.5	66.5	-20.91***
Midthigh circumference	51.5	4.3	33.4	79.8	37.9	6.1	27.0	55.0	-30.50***
Knee circumference	37.1	2.1	31.3	51.6	38.5	3.6	28.0	48.5	5.31***
Calf circumference	37.8	2.8	29.4	53.2	31.8	4.9	18.0	48.0	-16.86***
Outside leg length	103.9	4.8	88.4	122.7	101.3	8.0	77.5	124.0	-4.98***

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

에인비 비장애인보다 작은 것으로 파악된다. 휠체어 장애인은 장시간 휠체어 바퀴를 돌림으로 인해 팔과 어깨, 가슴이 발달하는 반면, 척수장애로 인한 허리힘 부족과 휠체어에 앉아 생활하는 생활습관에 의해 허리를 앞으로 숙임으로 인해 겨드랑 앞벽사이가 상대적으로 작게 측정된 것으로 추정된다. 목둘레, 어깨가쪽사이길이, 몸통길이는 평균뿐만 아니라 최대값에서도 휠체어 장애인이 비장애인보다 훨씬 큰 것으로 나타났다. 특히 어깨길이의 평균은 휠체어 장애인이 크지만 최대값은 비장애인이 더 큰 반면, 어깨가쪽사이길이는 평균뿐만 아니라 최대값에서도 휠체어 장애인이 비장애인 보다 큰 것으로 나타났다. 이는 휠체어 장애인의 목둘레와 관련이 있는 것으로 추정되는데, 휠체어 장애인의 목둘레가 비장애인 보다 전반적으로 크게 나타나 어깨가쪽사이길이에 영향을 주는 것으로 여겨진다.

하반신의 인체측정 항목에서 휠체어 장애인은 엉덩이둘레와 무릎둘레를 제외하고 넓다리둘레, 넓다리중간둘레, 장딴지최대둘레, 다리가쪽길에서 비장애인이 보다 작은 것으로 파악되었다. 이는 하지의 둘레항목의 경우, 휠체어 장애인은 하반신 마비로 인해 살이 빠지게 되어 휠체어 사용 기간이 길어질수록 하지의 둘레가 작아지는 경향이 있고, 소아마비나 척수장애 등 어린 시절 장애를 겪는 경우 다리가쪽길이의 발육이 미비하여 비장애인 보다 평균치가 작은 것으로 추정된다.

**3.2. 휠체어 장애인의 중요 신체 부위 설정**

휠체어 장애인의 중요 신체 치수 항목을 선정하기 위해 신

체 치수간의 상관관계를 분석하여 Table 4에 제시하였다. 의복에서 횡적 치수와 관련 있는 신체치수들 간의 상관관계를 살펴보면 가슴둘레는 상반신의 위팔둘레, 배꼽수준허리둘레, 목둘레, 겨드랑앞·뒤벽사이길이, 어깨가쪽사이길이 및 엉덩이둘레와 높은 상관관계를 보였다. 엉덩이둘레는 배꼽수준허리둘레와 넓다리둘레, 넓다리중간둘레, 장딴지최대둘레 등 하반신의 둘레항목과 높은 상관을 보였고 특히, 배꼽수준허리둘레와 상관이 높은 것으로 나타났다. 배꼽수준허리둘레는 목둘레, 가슴둘레, 엉덩이둘레와 높은 상관을 보였다. 어깨길이는 어깨가쪽길이와 위팔둘레와는 상관이 있지만, 가슴둘레와는 상관이 낮은 것으로 파악되었다. 어깨가쪽길이는 목둘레, 가슴둘레, 어깨길이, 위팔둘레와 높은 상관이 있는 것으로 파악된다.

의복의 종적 치수를 반영하는 길이항목의 상관관계를 살펴보면 상반신의 길이를 나타내는 배꼽수준등길이와 목옆젖꼭지허리둘레선길이는 낮은 상관을 보였지만, 배꼽수준등길이와 몸통길이는 높은 상관이 있는 것으로 나타났다. 목옆젖꼭지허리둘레선길이는 가슴둘레, 위팔둘레와 상관이 높은 것으로 나타났다. 하반신의 길이 항목의 상관관계를 살펴보면 다리가쪽길이는 무릎길이, 다리안길이, 밑위길이와 높은 상관을 보였다. 밑위길이는 다리가쪽길이와는 높은 상관이 있는 반면, 다리안길이와는 부적 관계가 있는 것으로 보여 다리안길이가 길수록 밑위가 짧아지는 것은 알 수 있다.

이와 같이 휠체어 장애인의 신체 치수 항목 간의 상관관계 분석 결과, 횡적 치수로는 여러 신체 항목들과 상관이 많은 가

**Table 4.** Correlation coefficients between body dimensions of wheelchair users

Items	Neck circumference	Chest circumference	Waist circumference (omphalion)	Hip circumference	Upperarm circumference	Thigh circumference	Midthigh circumference	Knee circumference	Calf circumference	Shoulder length	Upperarm length	Arm length	Bishoulder length	Front interscye length	Back interscye length	Neck point to breast point to waistline	Waist back length (omphalion)	Trunk length	Knee length	Outside leg length	Inside leg length	
Chest circumference	0.704																					
Waist circumference (omphalion)	0.689	0.712																				
Hip circumference	0.632	0.558	0.798																			
Upperarm circumference	0.637	0.813	0.519	0.417																		
Thigh circumference	0.370	0.382	0.581	0.656	0.270																	
Midthigh circumference	0.407	0.382	0.577	0.667	0.265	0.932																
Knee circumference	0.435	0.331	0.589	0.687	0.220	0.710	0.782															
Calf circumference	0.350	0.344	0.477	0.549	0.229	0.728	0.718	0.653														
Shoulder length	0.482	0.487	0.384	0.337	0.510	0.271	0.279	0.269	0.211													
Upperarm length	0.193	0.277	0.075	0.104	0.235	0.090	0.126	0.154	0.039	0.166												
Arm length	0.185	0.279	0.108	0.059	0.218	0.107	0.140	0.166	-0.012	0.200	0.855											
Bishoulder length	0.562	0.592	0.383	0.324	0.533	0.243	0.294	0.205	0.228	0.663	0.232	0.250										
Front interscye length	0.442	0.612	0.387	0.322	0.584	0.329	0.318	0.206	0.224	0.227	0.270	0.278	0.342									
Back interscye length	0.464	0.619	0.419	0.354	0.512	0.208	0.194	0.183	0.232	0.189	0.118	0.088	0.495	0.466								
Neck point to breast point to waistline	0.325	0.505	0.243	0.168	0.525	0.078	0.045	0.031	0.135	0.229	0.252	0.241	0.201	0.393	0.254							
Waist back length (omphalion)	0.087	0.188	0.205	0.149	0.139	0.081	0.074	0.146	0.178	0.064	0.069	0.032	0.017	0.121	0.255	0.283						
Trunk length	0.265	0.204	0.267	0.355	0.126	0.316	0.330	0.381	0.332	0.115	0.275	0.228	0.130	0.161	0.311	0.181	0.516					
Knee length	0.060	-0.082	0.042	0.201	-0.135	0.386	0.408	0.395	0.221	0.014	0.341	0.324	0.048	0.084	-0.026	0.216	-0.028	0.394				
Outside leg length	0.118	-0.002	0.145	0.318	-0.084	0.408	0.436	0.516	0.303	0.046	0.404	0.388	0.049	0.076	0.052	-0.140	0.081	0.471	0.912			
Inside leg length	0.069	0.008	-0.082	0.082	0.008	0.145	0.161	0.266	0.166	-0.009	0.441	0.396	-0.002	0.146	0.098	0.116	0.189	0.317	0.574	0.695		
Crotch length	0.094	-0.010	0.283	0.359	-0.124	0.420	0.443	0.450	0.255	0.073	0.117	0.139	0.069	-0.041	-0.027	-0.311	-0.079	0.335	0.687	0.689	-0.043	

**Table 5.** Classification of body-type of wheelchair users

Classification of body-type					
Upper body			Lower body		
Type (range of drops: cm)	Mean(cm)	Distribution(%)	Type (range of drops: cm)	Mean(cm)	Distribution(%)
Y-type (18.4 ~ 32.0)	21.0	18	A-type (11.7 ~ 30.0)	15.8	30
A-type (13.0 ~ 18.3)	15.0	32	B-type (-12.0 ~ 11.6)	6.5	70
B-type (7.0 ~ 12.9)	9.5	26			
BB-type (-8.2 ~ 6.9 )	1.4	24			
100			100		

슴둘레와, 허리둘레, 엉덩이둘레 등이 중요 신체 부위가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 종적으로는 여러 신체 부위와는 상관없이 상반신의 길이를 반영하는 몸통길이와 하반신 길이 항목과 상관성이 많은 다리가쪽길이가 중요 신체 부위가 될 수 있을 것이다.

**3.3 휠체어 장애인 체형 분류**

우리나라 성인 남성복의 체형구분 방법에 따른 휠체어 장애인의 체형구분 결과는 Table 5에 제시하였다. 상의용 체형구분에서 휠체어 장애인은 보통체형(A형) 32%, 허리가 굽은 체형(B형) 26%, 배가 많이 나온 체형(BB형) 24%, 역삼각 체형(Y형) 18% 순으로 나타났고, 하의용 체형구분에서는 허리가 굽은 체형 70%, 보통체형 30%로 비장애인보다 허리가 굽은 체형의 분포율이 큰 것으로 나타났다. 이는 비장애인 성인 남자의 체형과 약간 차이가 있는 것으로 파악된다. Kang and Seong(2007)의 비장애인 성인 남성의 체형분류에서 상의용 체

형은 보통체형(A형) 34.5%, 허리가 굽은 체형(B형) 31.4%, 역삼각 체형(Y형) 20.3%, 배가 많이 나온 체형(BB형) 13.8% 순으로, 하의용 체형은 보통체형 53.6%, 허리가 굽은 체형 46.4%로 순으로 나타났다고 하였다. 즉 비장애인은 역삼각 체형이 배가 많이 나온 체형보다 많은 반면, 휠체어 장애인은 배가 많이 나온 체형이 역삼각 체형보다 많은 분포를 차지하였고, 하의용 체형의 경우에서도 휠체어 장애인은 허리가 굽은 체형이 많은 분포를 이루고 있는 것으로 파악되었다. 이는 운동부족으로 인해 휠체어 장애인의 복부비만이 비장애인보다 대체로 심한 것으로 추측된다. 휠체어 장애인의 체형별 신체치수 평균 비교 결과는 Table 6, 7과 같다. 상의용의 경우, 목둘레, 가슴둘레, 배꼽수준허리둘레, 겨드랑앞벽사이길이, 어깨가쪽사이길이 등에서 체형별 유의한 차이가 있는 것으로 나타난 반면, 배꼽수준등길이, 몸통길이, 팔길이, 겨드랑뒤벽사이길이 등에서는 체형별 유의한 차이가 없었다. 하의용의 경우, 배꼽수준허리둘레와 엉덩이둘레를 제외한 하지의 둘레항목은 체형별 유의한 차

**Table 6.** Descriptive statistics of wheelchair user's upper body-types

(unit: cm)

Items	Y-type		A-type		B-type		BB-type		Total		F-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Neck circumference	41.3 b	2.5	41.7 b	2.2	42.7 a	2.3	42.2 a	2.3	42.0	2.4	3.18*
Chest circumference	100.4 a	7.0	101.0 a	7.6	102.9 a	8.6	98.2 b	8.7	100.8	8.2	2.81*
Waist circumference (omphalion)	80.4 d	8.1	85.9 c	7.6	93.4 b	8.6	96.8 a	9.2	89.5	10.2	32.77***
Hip circumference	90.1 c	8.3	95.2 b	8.6	101.5 a	8.2	102.8 a	8.4	97.8	9.6	20.33***
Upperarm circumference	33.3 a	3.9	32.4 ab	3.5	33.5 a	3.1	31.1 c	4.1	32.5	3.8	4.11**
Shoulder length	14.8	1.2	14.9	1.1	15.2	1.3	14.7	1.2	14.9	1.2	1.42
Bishoulder length	45.8 ab	3.2	46.0 ab	2.8	47.0 a	3.3	44.4 b	3.6	45.9	3.5	4.53*
Front interscye length	34.1 a	2.6	33.6 a	2.0	34.1 a	2.5	32.7 b	2.0	33.6	2.3	3.56*
Back interscye length	40.4	3.4	41.2	3.3	40.7	3.4	39.5	3.5	40.5	3.4	2.09
Upperarm length	35.4 a	1.9	35.3 a	1.8	34.6 b	1.7	34.4 b	1.9	34.9	1.8	3.57*
Arm length	61.8	3.0	61.7	2.7	60.5	2.5	60.5	2.8	61.1	2.9	3.26
Waist back length (omphalion)	46.7	3.8	46.1	3.2	46.2	3.2	46.6	3.7	46.4	3.4	0.33
Neck point to breast point to waistline (omphalion)	44.2	3.6	43.4	4.4	42.6	3.7	42.3	4.4	43.3	4.2	1.71
Trunk length	68.4	4.8	69.3	4.8	69.8	3.6	69.9	4.6	69.4	4.5	0.89

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

Alphabet is the result of post-hoc test(Tukey's ): a>b>c>d

**Table 7.** Descriptive statistics of wheelchair user's lower body-types (unit: cm)

Items	A-type		B-type		Total		T-value
	M	SD	M	SD	M	SD	
Waist circumference (omphalion)	85.7	10.5	91.2	9.7	89.6	10.2	-3.39**
Hip circumference	101.4	9.8	96.3	9.2	97.8	9.6	3.38**
Thigh circumference	45.1	8.2	43.1	7.7	43.7	7.9	1.54
Midthigh circumference	39.1	6.3	37.4	5.9	37.9	6.1	1.77
Knee circumference	39.2	3.5	38.2	3.6	38.5	3.6	1.77
Calf circumference	32.2	4.4	31.6	5.1	31.8	4.9	0.92
Knee length	58.5	5.2	55	5.1	56.1	5.4	4.25***
Outside leg length	104.9	7.0	99.8	7.9	101.3	8.0	4.47***
Inside leg length	73.8	5.2	71.2	5.8	72	5.8	3.07**
Crotch length	30.9	4.4	28.7	5.3	29.3	5.2	2.73**

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

길이 항목에서는 유의한 차이가 있었다.

### 3.3. 휠체어 장애인 의복 사이즈체계

휠체어 장애인의 의복 기본 신체치수 항목과 범위를 Table 8에 제시하였다. 우리나라 남성복에서 피트성이 필요로 하는 상의용은 가슴둘레, 허리둘레, 키를 기본 신체치수로 하여 가슴둘레와 허리둘레의 사이즈 간격을 3 cm, 키의 사이즈 간격을 5 cm로 설정하고 있다. 그러나 휠체어 장애인의 경우, 대부분 키의 측정이 어려움으로 키를 기본 신체치수로 사용하는 것은 한계점이 있다. Han(2007)은 휠체어 장애인의 사이즈 체계 연구에서 가슴둘레, 허리둘레, 앉은키를 기본 신체치수로 제안하고 있지만, 장애로 인한 허리 힘 부족과 오랜 기간 휠체어 사용으로 등이 앞으로 구부러지는 경향이 있어 바른 자세에서 측정한 앉은키의 신체치수를 적용하는 것도 적절하지 않다고 여겨진다. 본 연구는 휠체어에 착석 상태에서의 신체 특성을 잘 반영하면서 배꼽수준등길리와 상관이 높은 몸통길이를 기본 신체치수로 선정하는 것이 적절하다고 판단된다. 따라서 키의 측정이 어려운 휠체어 장애인의 상의용 기본 신체치수는 가슴둘레, 배꼽수준허리둘레 그리고 몸통길이를 선정하였다. 휠체어 장애인 의복의 사이즈 간격 설정에 있어서 가슴둘레는 3 cm 보다 4 cm 간격이 휠체어 성인 남성 장애인의 체형을 더 많이 커버하는 것으로 파악되었는데(Park & Sung, 2010), 본 연구에서도 맞음새와 생산성을 고려하여 휠체어 장애인의 가슴둘레 구간을 4 cm 간격으로 설정하였다. 배꼽수준허리둘레는 휠체어 장애인의 표준편차가 8 cm 이상으로 파악되고 있고, 앉은 자세에서 배꼽수준허리둘레의 증가량을 고려하여 5 cm 간격으로 사이즈 구간을 설정하였다. 몸통길이의 경우, Table 3에서와 같이 평균과 표준편차가 69.4 cm, 4.5 cm이고, 최소값과 최대값이 각각 54.0 cm, 81.0 cm로 치수의 범위가 넓게 분포되어 있다. 휠체어 장애인의 신체 커버율을 높이고, 합리적인 생산성을 위해서 몸통길이의 구분이 필요하다고 여겨져 몸통길이 치수를 short( $\leq 33rd$  %ile), medium ( $> 33rd$  %ile and  $\leq 66th$  %ile),

long( $> 66th$  %ile) 그룹으로 구분하여 평균과 분포율을 Table 7에 제시하였다. 휠체어 장애인의 몸통길이 3개 그룹(short, medium, long)의 평균치는 각각 64.6 cm, 69.5 cm, 74.5 cm로 각 그룹 간에 5 cm 차이를 나타내고 있다.

우리나라 남성복에서 피트성이 필요로 하는 하의용은 허리둘레와 엉덩이둘레를 기본 신체치수로 하고, 각각 2 cm 간격으로 사이즈 규격을 정하고 있고, 바지 길이는 구매 시 구매자의 신체치수에 맞도록 길이를 조절하고 있다. 그러나 휠체어 장애인 무릎을 항상 구부린 상태로 휠체어에 착석하고 있어 단순히 바지길이 조절이 아니라 무릎 부분의 편안한 착용을 위해 입체적 설계가 요구된다. Table 4의 상관관계 분석에서 다리가 쪽길이는 무릎길이, 다리안길이, 밑위길이 등 하반신의 길이 항목과 높은 상관이 있지만 최소값, 최대값의 편차가 심한 것으로 파악되고 있다(Table 3). 따라서 본 연구에서는 휠체어 장애인 정장 하의용 기본 신체치수로 배꼽수준허리둘레, 엉덩이둘레, 다리가쪽길이를 선정하였다. 하의용 사이즈 간격 설정에 있어서 배꼽수준허리둘레는 5 cm 간격으로 설정하였다. 휠체어 착석 시 식사 전후 및 여러 동작에 따라 배둘레의 증감의 차이가 있는 것으로 파악되어 2 cm 보다는 5 cm 간격이 적절하다고 판단된다. 엉덩이둘레의 경우, 휠체어 장애인은 하반신 마비로 이노 기능이 약해짐에 따라 카테타 또는 기저귀를 착용하는 경우가 있는데, 우리나라 정장용 바지에 적용하고 있는 2 cm 간격은 휠체어 장애인에게는 효율성이 떨어지는 것으로 판단되어 본 연구에서는 4 cm 간격으로 엉덩이둘레 구간을 설정하였다. 다리가쪽길이는 Table 3에서와 같이 다리가쪽길이의 최소값과 최대값이 각각 77.5 cm, 124.0 cm로 치수의 범위가 넓게 분포되어 있다. 다리가쪽길이의 구분을 너무 세분화시키면 생산의 효율성이 떨어지고, 구분이 없으면 맞음새가 떨어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 휠체어 장애인의 다리가쪽길이를 몸통길리와 같이 short, medium, long 그룹으로 구분하여 평균, 표준편차, 분포를 Table 9에서 제시하였다. 다리가쪽길이의 3개 유형의 각각 평균값은 94 cm, 102 cm, 110 cm로 각 그룹

**Table 8.** Key dimensions and body size range of wheelchair users

(unit: cm)

Key dimensions		Body size range(cm)
Tops	Chest circumference (4 cm Deviation)	...80, 84, 88, 92, 96, 100, 104, 108, 112, 116, 120...
	Waist circumference (5 cm Deviation)	...70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120...
	Trunk length (5 cm Deviation)	...64.6, 69.5, 74.5...
Bottoms	Waist circumference (5 cm Deviation)	...73, 78, 83, 88, 93, 98, 103, 108, 113, 118...
	Hip circumference (4 cm Deviation)	...90, 94, 98, 102, 106, 110, 114, 118, 122...
	Outside leg length (8 cm Deviation)	...94, 102, 110...

**Table 9.** Classification of waist back length and outside leg length

Division	Trunk length			Outside leg length		
	Mean (cm)	SD (cm)	Distribution (%)	Mean (cm)	SD (cm)	Distribution (%)
Short (≤ 33rd %ile)	64.6	2.6	33	94	5.1	37
Medium (33 ~ 66th %ile)	69.5	1.1	35	102	1.9	33
Long (> 66th %ile)	74.5	2.2	32	110	3.0	30

간에 8 cm 차이를 나타내고 있다.

이상의 연구결과를 토대로 본 연구는 휠체어 장애인 정상 대량맞춤을 위한 사이즈 체계를 Table 10에 제시하였다. 휠체어 장애인의 상의용 사이즈는 기본 신체치수인 가슴둘레, 배꼽수

준허리둘레, 몸통길이와 드롭(가슴둘레와 배꼽수준허리둘레의 차)에 의한 체형구분을 함께 표시하도록 하였고, 하의용 사이즈는 기본 신체치수인 배꼽수준허리둘레, 엉덩이둘레, 다리가쪽 길이와 하드롭(엉덩이둘레와 배꼽수준허리둘레의 차)에 의한 체

**Table 10.** Size system of tops of wheelchair users

Chest circumference		Waist circumference (omphalion)		Trunk length		Body-type	
Size	Range	Size	Range	Size	Range	Drop	Range
80	~81.9	70	67.5~72.4	64.6(short)	54~67.8	Y type	18.4~32.2
84	82~85.9	75	72.5~77.4	69.5(medium)	67.9~71	A type	13~18.3
88	86~89.9	80	77.5~82.4	74.5(long)	71.1~81	B type	7.0~12.9
92	90~93.9	85	82.5~87.4			BB type	-8.2~6.9
96	94~97.9	90	87.5~92.4				
100	98~101.9	95	92.5~97.4				
104	102~105.9	100	97.5~102.4				
108	106~109.9	105	102.5~107.4				
112	110~113.9	110	107.5~112.4				
116	114~117.9	115	112.5~117.4				
120	118~121.9	120	117.5~122.4				
124	122~125.6						

**Table 11.** Size system of bottoms of wheelchair users

Waist circumference (omphalion)		Hip circumference		Outside leg length		Body-type	
Size	Range	Size	Range	Size	Range	Drop	Range
68	~70.4	74	72~75.9	94(short)	78~99	B type	-12~11.6
73	70.5~75.4	78	76~81.9	102(medium)	99.1~105	A type	11.7~30
78	75.5~80.4	82	80~83.9	110(long)	105.1~115		
83	80.5~85.4	86	84~87.9				
88	85.5~90.4	90	88~91.9				
93	90.5~95.4	94	92~95.9				
98	95.5~100.4	98	96~99.9				
103	100.5~105.4	102	100~103.9				
108	105.5~110.4	106	104~107.9				
113	110.5~115.4	110	108~111.9				
118	115.4~120.4	114	112~115.9				
		118	116~119.9				
		122	120~123.9				
		126	124~127.9				



형구분을 함께 표기함으로써 휠체어 장애인의 체형특성이 고려된 사이즈 체계를 제시하였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 휠체어 성인 남성 장애인의 정장 대량맞춤시스템을 위한 사이즈체계를 개발하기위해 휠체어 성인 남성 장애인 193명의 인체측정 자료를 분석하였다. 휠체어 성인 남성 장애인의 분석대상 범위는 20~69세이었고, 분석항목은 사이즈 설정과 패턴제작에 필요한 21개 항목을 선정하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 휠체어 성인 남성 장애인 193명의 인체측정 평균치와 우리나라성인 남성 20~65세 2654명의 인체측정 평균치를 비교분석한 결과, 상반신의 인체측정 항목의 목둘레, 가슴둘레, 위팔둘레, 어깨길이, 팔길이 등은 휠체어 장애인이 비장애인보다 크고, 겨드랑앞벽사이길이는 휠체어 장애인이 비장애인보다 작은 것으로 파악되었다. 하반신의 인체측정 항목에서 휠체어 장애인은 무릎둘레를 제외하고 넓다리둘레, 넓다리중간둘레, 장딴지 최대둘레, 다리가쪽길이에 비장애인이 보다 작은 것으로 파악되었다. 상관관계 분석 결과, 횡적으로는 여러 신체 항목들과 가장 상관이 많은 가슴둘레와, 허리둘레, 엉덩이둘레 등이 중요 신체 부위가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 종적으로는 여러 신체 부위와는 상관이 적지만 상반신의 길이의 등길이와 높은 상관이 있는 것으로 나타난 몸통길이, 하반신 길이 항목과 상관이 높은 다리가쪽길이가 중요 신체 부위가 될 수 있다.

2. 휠체어 장애인의 체형구분 결과, 상의용은 상드롭에 의해 보통체형(32%), 허리가 굽은 체형(26%), 배가 많이 나온 체형(24%), 역삼각 체형(18%)으로 구분하였고, 하의용은 하드롭에 의해 허리가 굽은 체형(70%), 보통체형(30%)으로 구분하였다. 비장애인의 체형 분포에서는 상이한 결과를 보여주고 있는데, 비장애인은 상의용 체형에서 역삼각 체형의 분포가 배가 많이 나온 체형보다 많은 반면, 휠체어 장애인은 배가 많이 나온 체형이 역삼각 체형보다 많은 분포를 차지하고 있었고, 하의용에서도 비장애인은 보통체형이 허리가 굽은 체형보다 많은 분포를 나타낸 반면, 휠체어 장애인은 허리가 굽은 체형이 보통체형 보다 분포율이 큰 것으로 나타났다. 즉 휠체어 장애인은 대체로 운동부족으로 인한 복부비만이 비장애인보다 심한 것으로 추측할 수 있다.

3. 휠체어 장애인의 상의용 기본 신체치수는 가슴둘레, 허리둘레 그리고 몸통길이 선정하였고, 하의용 기본 치수는 허리둘레, 엉덩이둘레, 다리가쪽길이를 선정하였다. 휠체어 장애인 의복의 사이즈 간격 설정에 있어서 휠체어 장애인의 가슴둘레 구간을 4 cm, 허리둘레는 5 cm 간격으로 사이즈 구간을 설정하였다. 몸통길이와 다리가쪽길이는 short( $\leq 33rd$  %ile), medium( $> 33rd$  %ile and  $\leq 66th$  %ile), long( $> 66th$  %ile)으로 구분하여 3개 사이즈로 분류하였다. 엉덩이둘레 구간의 경우, 하반신 마비로 이뇨 기능이 약해짐으로 인해 카테타 또는 기저귀를 착용

하는 경우가 있어 각 사이즈마다 적절한 여유량이 필요하여 4 cm 간격으로 사이즈 구간을 설정하였다. 휠체어 장애인 장장대량맞춤 시스템의 상의 사이즈는 기본 신체치수인 가슴둘레, 배꼽수준허리둘레, 몸통길이와 체형구분으로 표시하고, 하의 사이즈는 기본 신체치수인 배꼽수준허리둘레, 엉덩이둘레, 다리가쪽길이와 체형구분으로 제안하였다.

이상의 연구 결과에서 휠체어 장애인 의복 대량맞춤시스템을 위한 체형분류와 사이즈 분석하여 휠체어 장애인 의류산업에 적용될 수 있는 사이즈 체계를 제안하였다. 본 연구에서 개발한 사이즈 체계는 휠체어 장애인의 인체측정치를 통계분석 처리만을 기반으로 하였기 때문에 신체 기능적 장애 특성, 또는 형태적 특성 등을 커버하는데 제한점이 있지만, 본 연구결과는 휠체어 장애인의 기성복 착용에 대한 불만족을 해결할 수 있는 대량맞춤시스템 개발에 기초적 자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 후속연구로는 본 연구에서 제안한 사이즈 체계에 대한 검증과 휠체어 장애인의 다양한 신체적 특성을 반영할 수 있는 의복을 개발하고 착용 평가함으로써 휠체어 장애인 의류 산업화에 도움이 되는 실용적 연구가 이루어져야 될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5A2A030 34716).

#### References

Han, M. J. (2007). *A basic study on the size systematization of ready-made clothes for adult males with spinal cord injuries*. Unpublished doctoral dissertation, Dongduk Women's University, Seoul.

Jang, S. E. (2008). A study on sizing system and preferable ease in a men's dress shirt for virtual mass customization system. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(1), 99-109.

Jung, J. E., & Lee, S. W. (2002). Classification of men's somatotype according to body shape and size(Part 1) -Classification of front view according to body shape-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 26(7), 1026-1035.

Kang, Y. S., & Seong, H. K. (2007). Analysis of men's body sizes for garment sizing system (Part II). *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 31(2), 247-257.

Kim, K. J., & Lee, S. W. (1993). Classification of bodytype on adult male for the apparel sizing system(I) - Bodytype of trunk from the anthropometric data -. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 17(2), 281-299.

Kim, S. H. (1992). *A study on the physique and clothing of physically handicapped person: for men using a supporting parasite*. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.

Korean Agency for Technology & Standards. (2010). *The report of national anthropometric survey of Korea 2010*. Seoul: KATS.

Ministry of Trade, Industry and Energy. (2004). *The resulting report of Standardization Sector Research Service in 2004*. Seoul: MOTIE

Park, K. A., & Kwon, Y. A. (2008). A research study on the actual conditions of clothing of disabled men using wheelchair. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 10(4), 455-463.

Park, K. A., & Kwon, Y. A. (2009). Classification of body types of male wheelchair users. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 11(4), 621-632.

Park, K. A., & Sung, O. J. (2010). A study on the upper garment sizing system for disabled men using wheelchair - Compared study with the sizing system of Germany-. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 12(4), 477-486.

(Received 8 May 2014; 1st Revised 29 May 2014;  
2nd Revised 28 June 2014; 3rd Revised 16 July 2014;  
Accepted 28 July 2014)

Copyright © 2014 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

---