

한국성인 남자의 하체 동작범위 연구 - 3D 동작분석 장치를 이용하여 -

류 신 아* · 박 길 순

충남대학교 의류학과 박사과정*, 충남대학교 의류학과 교수

A Study on the Lower Body Range of Motion(Using a 3-D Motion Analysis System) about Korean Adults

Sin-A Ryu* and Kil-Soon Park

Graduate School, Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University*
Professor, Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Abstract

The purpose of this study:

1. The total 24 range measurements of active dynamic motion of 40 subjects(20's and 30's) were measured using 3-D dynamic motion analysis system.
2. Various comparisons were performed for the right and left side, male, age groups(20's, 30's, and 40's~60's) using previous studies. The results were compared with the other studies in the aspects of age.

In this study, The 3-D motion analysis system consists of VICON 140, data acquisition system, and data analysis program called by KRISMAS. VICON 140 is dynamic motion analyzer, and KRISMAS is a program developed for analysis of the data captured from the VICON.

The results of this study were as follows :

1. Comparing 20's~30's and 40's~60's the result shows that 40's~60's have smaller ROM at the most joints(Thoracic and Lumbar, Hip Joint, Knee Joint, Ankle Joint), which is inconsistent with the previous result. The reason is that most investigations were carried out using traditional measurement equipments, which have encountered difficulty in quantifying the exact motion of the body.
2. There are no significant mean difference between the right and the left side. Most of the significances were not high(>0.05).

Key words : range of motion, 3-D motion analysis system, anthropometric, lower body.

I. 서 론

인체의 움직임을 연구하는데 적용 가능한 새로운 기법들은 20세기의 시작과 함께 발전되어져 왔다. 1950년대의 고속사진술의 출현이래 근대의 디지털 컴퓨터의 출현은 인간의 움직임에 대한 연구를 가능

케 했으며 최근의 실시간 데이터 획득 장비의 출현은 이러한 장의 새로운 지평을 열어가고 있다(Paul, 1995). 동작측정 기술 역시 2차원적 측정기술에서 출발하여 현재는 3차원 측정 기술이 보편화되어 가고 있으며 특히 3차원적인 측정 기법은 인간의 동적인 동작 측정에 있어서 피실험자가 일정 시간 동안 한 가지 동작을 지속적으로 취하고 있어야 하는 구속성

과 실험자와 피실험자간의 간섭이 발생하는 단점을 해결해 주고 있어 그 사용범위가 확대되고 있다.

한편 인간의 신체활동은 골격 뼈와 근육을 통하여 이루어지는데 신체동작은 골격계에서 두 개 이상의 뼈가 만나거나 접합되는 부위인 관절 주위에서 주로 일어나고 있다. 관절의 운동한계는 유동성(mobility), 유연성(flexibility), 동작범위(range of motion) 등이 관계가 있다. 관절의 동작범위는 관절의 형상(joint's body configuration), 부착되어 있는 근육, 건(tendon), 인대(ligament), 그리고 주변 지방조직(fatty tissue)의 양 등에 의해 결정되며, 이러한 요소들은 개인간에 차이를 보일 뿐만 아니라 개인 내에서도 인간이 성장함에 따라 달라진다(Chaffin and Andersson, 1991).

특히 의류제품은 무엇보다 인체에 가장 밀접하게 적용되어야 하는 것으로 인체의 구조와 기능, 형태가 그대로 반영될 수 있는 인체 데이터를 필요로 한다. 의류제품을 생산하기 위해서는 우리 나라 국민들의 체형에 대한 보다 체계적인 신체정보를 파악하는 연구가 먼저 수행되어야 할 것으로 생각되어진다.

따라서 본 연구에서는 지난호의 후속연구로서 20~30대의 한국 성인 남자를 대상으로 3-D 동작측정 시스템인 VICON 140을 이용하여 피실험자의 정지 자세 없이 연속적인 동작 범위(Range of Motion)를 측정하고자 한다. 즉 3-D 공간에서 움직이는 동작 중 하체의 관절별 동작범위를 측정하고, 연령, 좌우 차이, 그 동안 연구되어온 국내·외의 연구결과와도 비교해 보고자한다. 또한 3차원 공간에서의 간접측정방법의 소개 및 분석을 바탕으로 의복패턴제작에 필요한 인체의 3차원정보를 제공하는 데에 그 목적과 의의를 두고 있다.

II. 이론적 배경

국외에서는 지금까지 정적인 신체에 관한 연구 못지 않게 신체의 동적 움직임에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 처음에는 신체의 동적인 동작 범위에 대해 관심을 가지고 연구가 수행되었으나, 1970년대에 들어와서는 신체의 특정 부위 즉 목, 상부관절, 척추 등에 관심을 갖게 되면서 이에 대한 연

구가 진행되었다. Harris(1968)은 flexiometer를 이용하여 여자 대학생의 목, 상지와 하지의 관절 동작범위를 측정하였고, Mertz(1971), Robbin 등(1974), Snyder 등(1975)은 목관절의 동작범위에 관한 연구를, Krieger(1976)는 머리, 몸통, 손목, 엉덩이, 무릎, 어깨, 팔꿈치 관절에 대해 연구하였다. 또한 Nyquist와 Murton(1975), Mital 등(1978, 1979)은 척추에 관한 동작범위를 측정하였고, 1980년대 이후에는 Engin과 Kaleps(1980), Engin과 Kazarian(1981)는 어깨, 팔, 다리 관절의 동작범위에 대한 연구를 수행하였다(Sander, 1987).

특히 Izge 등은 능동적 동작범위에 관심을 두고 1,000명의 터키 입대병을 대상으로 상지에 관한 연구를 수행하였다. 또한 Sinelnikoff와 Grigorowitsch(1931)는 건강한 유럽의 남녀 노동자 각각 100명씩을 대상으로 관절 동작범위를 측정하였는데, 그 결과 일반적으로 여자의 관절 동작범위가 무릎관절을 제외하고 모든 관절에서 남자보다 크게 나타났음을 밝혔다. Staff는 100명의 남자를 대상으로 주요 신체 관절의 동작범위를 측정하였고, Houy는 100명의 여자를 대상으로 관절 동작범위를 동일한 방법으로 측정하여 남녀의 관절 동작범위를 비교, 제시하였다(Staff, 1993). Laubach와 McConville(1978)은 어깨의 산전과 팔꿈치의 굴곡, 무릎의 굴곡과 hip 굴곡, 무릎 굴곡과 발목의 굴곡·신전 등의 two-joint muscle 동작의 동작범위를 측정하였는데, 그 결과 각각의 동작이 서로 서로 많은 영향을 미쳤음을 밝혔다.

이에 대해 국내에서도 1990년대에 들어 20대 남자를 대상으로 관성 특성에 대한 연구와 동작범위에 대한 연구가 이영신 등(1994, 1995)에 의해 수행되었는데, 그는 20대 남자 대학생의 팔관절·손목, 팔꿈치, 어깨-의 13개 동작에 대한 동작범위를 제시하였다. 또한 기도형(1996)은 대학생에 대한 가상 힙(hip) 관절과 하지 관절, 무릎, 발목 등의 13개 동작에 대한 동작범위를 측정하였으며, 측정된 동작범위와 연령, 신장 등의 인체 측정변수와의 상관 관계를 살펴보고, 2 자유도 동작의 동작 범위 측정도 수행하였다(기도형, 1996). 최근에는 이상도 등(1998)이 40~60대 남녀에 대한 연구를 실시함으로써 다양한 신체 동작범위를 대상으로 하는 연구는 물론 다양한 연령대와 남녀를 비교하는 연구까지도 활발히 진행되고

있음을 볼 수 있다.

Ⅲ. 연구방법

1. 피실험자의 특성

본 연구 대상은 건강한 성인 남자(20대 20명, 30대 20명) 총 40명으로 4관절에 대한 총 24개의 동작 거동을 측정하고자 한다. 피실험자의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 측정항목과 측정방법

측정항목은 기본 인체측정항목과 동작 범위 측정 항목으로 구분하여 측정하였다. 기본 인체측정 항목은 동작 범위 인체측정 치수와의 관련성을 파악하기 12개 항목으로 설정하였으며, 인체측정용어 및 측정 방법은 KS A 7003(인체측정용어 정의)과 KS A 7004(인체측정방법)에 따라 마틴식 측정기를 이용하여 직접 측정하였다. 12개 측정항목으로는 키, 앉은 키, 목뒤높이, 어깨높이, 대퇴돌기높이, 무릎마디안쪽높이, 바깥복사점높이, 어깨점~팔꿈치 길이, 팔꿈치~손목길이, 손길이, 발길이, 몸무게를 선정하였다. 동작 범위에 대한 측정부위 선정은 신체 주요 4개 관절(총추/요추, 엉덩이, 무릎, 발목)을 기준으로 각 관절의 운동 동작에 따른 항목을 13개 선정하여 몸통의 굴곡/신전을 제외한 11개 항목의 좌·우 동작범위(총 24개 항목)를 측정하였다.

관절별 동작범위측정은 3차원 동작측정시스템(VICON 140)과 한국표준과학연구원에서 개발한 분석시스템(KRISSMAS)을 이용하였다. 실험에 참여한 모든 피실험자는 관절별 동작 시 피복에 의한 간섭

을 가능한 적게 하기 위해 탄력성과 피부와의 접촉이 좋은 에어로빅복을 착용하였으며, 선정된 측정부위의 기준점들에 적외선 카메라용 직경 25mm의 마커(marker)를 붙인 상태에서 실험에 참여하였다. 또한 피실험자에게 관절별 동작을 충분히 숙지하도록 하고 정확한 자세에서 동작을 취할 수 있도록 각 관절별 동작방법에 대한 교육을 실시한 후 본 실험에 임하도록 하였다. 피실험자에게는 장시간(약 1시간 30분 정도 소요)의 실험에 따른 피로를 줄이기 위해 실험 중간에 휴식을 취하도록 하여 정확한 동작을 취할 수 있도록 하였다. 실험의 정확성을 높이기 위해 먼저 실험오차를 줄이기 위해 각도에 대한 검증 과정을 통해 시스템의 Calibration을 실시하였다.

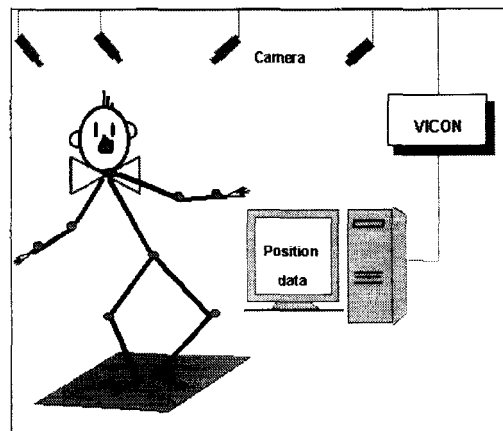
3. 관절별 동작범위 계산 및 분석방법

측정하고자 하는 인체의 주요 부위에 마커를 부착함으로써 인체의 동작을 추적한다. 3차원 위치 값을 얻기 위해서 4대의 CCD 카메라를 이용해 3차원 위치의 동작을 측정한다. 이론적으로 2대 이상의 카메라가 필요하며(본 실험에서는 4대의 카메라 활용). 인체의 움직임을 방해하지 않기 위해 적외선 조명이 부착된 카메라와 적외선을 반사하는 재질로 이루어진 마커를 사용한다. 본 실험에서는 초당 60개의 위치좌표를 획득하였다. <그림 1>은 동작분석 시스템의 구성도이다.

관절별 동작범위의 추출은 관절의 위치를 나타내는 부위에 표시마커를 부착시키고 각 관절의 동작특

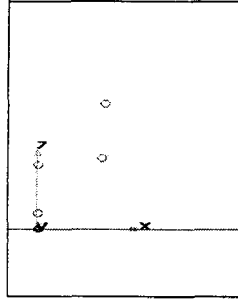
<표 1> 피실험자 신체적 특성

구 분	나이 (year)	키 (cm)	몸무게 (kg)	Röhrer 지수
평균	27.98	172.01	69.03	135.9
표준편차	6.15	5.76	8.94	17.30
5th percentile	20.00	164.67	57.95	110.72
50th percentile	29.00	171.60	67.50	132.73
95th percentile	37.00	182.68	83.83	168.50

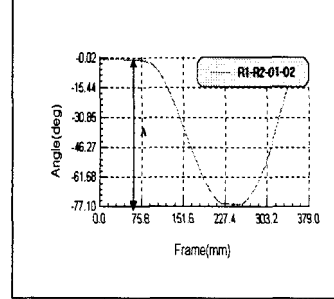


<그림 1> 동작분석 시스템의 구성도

① 흉추/요추관절(굴곡)



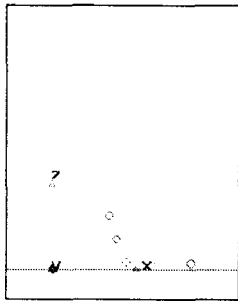
위 : 요추5번(L5)와 목뒤점(C7)
아래 : 기준 마커 2개



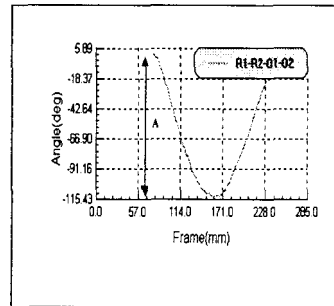
A : 굴곡(시작점에서 최대 굴곡점까지의 차)

<그림 2> 흉추/요추관절(굴곡)의 마커 위치와 동작에 따른 분석과정

② 엉덩이관절(굴곡)



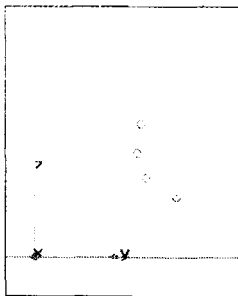
아래 : 수평기준마커 2
위 : 대퇴골기점, 무릎마디바깥점



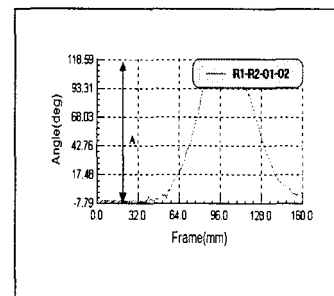
A : 굴곡(시작점에서 최대 굴곡점까지의 차)

<그림 3> 엉덩이관절(굴곡)의 마커 위치와 동작에 따른 분석과정

③ 무릎관절(굴곡)



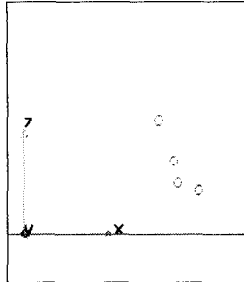
대퇴골기점, 무릎마디바깥점,
바깥복사점



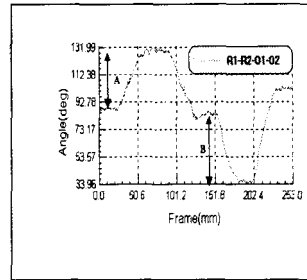
A : 굴곡(시작점에서 최대 굴곡점까지의 차)

<그림 4> 무릎관절(굴곡)의 마커 위치와 동작에 따른 분석과정

④ 발목관절(굴곡/신전)



부들마디바깥점, 바깥복사점, 발바깥점



A : 굴곡(시작점에서 최대 굴곡점까지의 차)
B : 신전(시작점에서 최대 신전점까지의 차)

<그림 5> 발목관절(굴곡/신전)의 마커 위치와 동작에 따른 분석과정

성에 따라 기준(수평/수직) 마커를 설정하였다. <그림 2, 3, 4, 5>은 관절에 부착된 마커가 분석프로그램(KRISSMAS, 박재희/김진호 등, 1997)에서 디스플레이 된 상태를 나타낸 것이고, 각각의 동작에 따른 분석단계를 나타낸 것이다. 위의 그림과 그래프는 측정하고자 하는 4개 관절의 분석과정을 단계별로 나타낸 것이다.

IV. 연구결과

1. 관절별 동작범위

1) Thoracic and Lumbar(흉추 및 요추)에서의 ROM

(1) 굴곡(Flexion) / 신전(Extension)

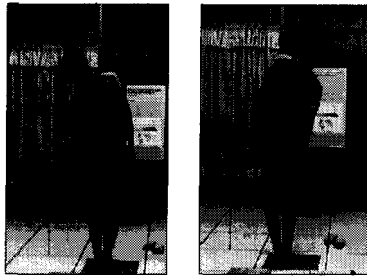
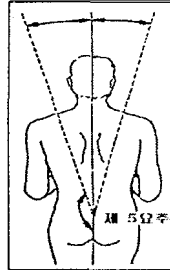
- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면(또는 시상면)에 수평인 기준선을 중심으로 선 자세의 피험자의 L5와 C7에 붙인 마커의 위치변화 정도로 굴곡, 신전의 각을 측정한다.
- 측정기준 : 관상면과 제 5요추가 이루는 각
- 흉추 및 요추의 굴곡과 신전의 동작범위는 <표 2>와 같다. 굴곡의 경우는 평균 79.27(20대 76.11 ; 30대 82.12)이었으며, 신전은 평균 22.43(20대 22.17 ; 30대 22.68)이었다.



<표 2> 흉추 및 요추의 굴곡과 신전 동작범위 (단위 : deg)

구 분	굴 곡			신 전		
	20대	30대	평균	20대	30대	평균
평균	76.11	82.12	79.27	22.17	22.68	22.43
표준편차	8.69	12.82	11.33	6.02	5.76	5.82
5th percentile	62.44	63.21	62.44	13.34	14.35	13.49
50th percentile	77.55	82.00	79.45	23.40	21.65	21.90
95th percentile	88.51	103.22	99.96	29.46	31.46	31.51

(2) 측곡(Side Flexion)



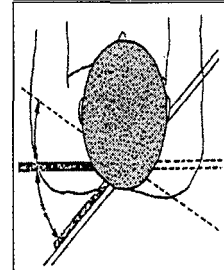
- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면(또는 시상면)에 수평인 기준선을 중심으로 선 자세의 피험자의 L5와 C7에 붙인 마커의 위치변화 정도를 측곡의 각을 좌·우 측정한다.
- 측정기준 : 시상면과 5요추가 이루는 각
- 흉추 및 요추의 측곡 동작범위는 <표 3>에서와 같이 측곡의 우의 경우 평균 29.95(20대 29.25 ; 30대 30.55)이었으며, 좌의 경우 평균 30.51(20대 30.24 ; 30대 30.73)이었다. 흉추 및 요추의 좌우 측곡시 연령, 좌우 모두 차이가 없었다.

<표 3> 흉추와 요추의 측곡 동작범위

(단위 : deg)

구 분	20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌
평균	29.25	30.24	30.55	30.73	29.95	30.51
표준편차	5.59	5.14	7.52	7.03	6.65	6.15
5th percentile	21.44	22.52	19.79	19.88	19.76	20.78
50th percentile	30.40	30.30	31.10	31.30	30.40	30.80
95th percentile	36.76	38.14	42.98	36.57	41.02	38.14

(3) 회전(Rotation)



- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 수평면에 수평인 기준선을 중심으로 선자세 회전자 양쪽에 붙인 마커의 위치변화 정도로 회전각을 좌·우 측정한다.
- 측정기준 : 관상면과 양쪽 어깨점이 이루는 각
- 흉추 및 요추의 회전 동작범위는 <표 4>에서와 같이 회전 우의 경우 평균 80.69(20대 81.26 ; 30대 85.42)이었으며, 좌의 경우 평균 82.86(20대 80.49 ; 30대 87.11)이었다. 흉추 및 요추의 좌우 회전시 30대가 20대보다 회전량이 큰 것으로 나

<표 4> 흉추와 요추의 회전 동작범위

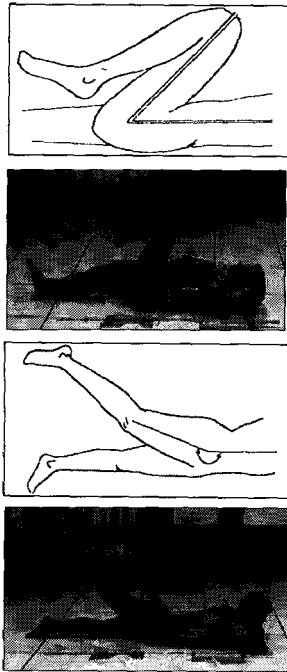
(단위 : deg)

구 분	20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌
평균	81.26	80.49	85.42	87.11	80.69	82.86
표준편차	14.58	11.12	19.79	15.76	16.90	13.99
5th percentile	61.38	66.58	57.40	62.04	57.10	61.88
50th percentile	79.70	78.90	86.30	90.60	77.77	81.80
95th percentile	101.60	97.14	114.93	103.84	114.60	102.55

타났고, 좌우 차이는 없었다.

2) Hip(엉덩이) Joint에서의 ROM

(1) 굴곡(Flexion)/신전(Extension)



· 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면에 수평인 기준선을 중심으로 다리를 편상태로 바로 누운 자세에서 대퇴부를 몸통쪽으로 구부릴 때 (엎드린 자세에서 다리를 위로 들어올릴 때)대퇴돌

기점과 무릎마디바깥점에 붙인 마커의 위치변화로 굴곡(신전)의 각을 측정한다.

- 측정기준 : 누운 자세(엎드린 자세)에서 대퇴 돌기점을 지나는 관상면과 대퇴돌기점- 무릎마디 바깥점이 이루는 각
- 엉덩이 관절의 굴곡과 신전의 동작범위는 <표 5>와 같다. 굴곡의 경우 우의 평균 121.20(20대 116.92 ; 30대 120.78)이었으며, 좌의 평균은 117.95(20대 117.03 ; 30대 115.23)이었다. 신전의 경우 우의 평균은 36.91(20대 33.23 ; 30대 42.41)이었으며, 좌의 평균은 36.75(20대 33.15 ; 30대 41.26)이었다. 굴곡은 연령과 좌우차이가 없었으나, 신전은 30대가 20대보다 동작범위가 큰 것으로 나타났다.

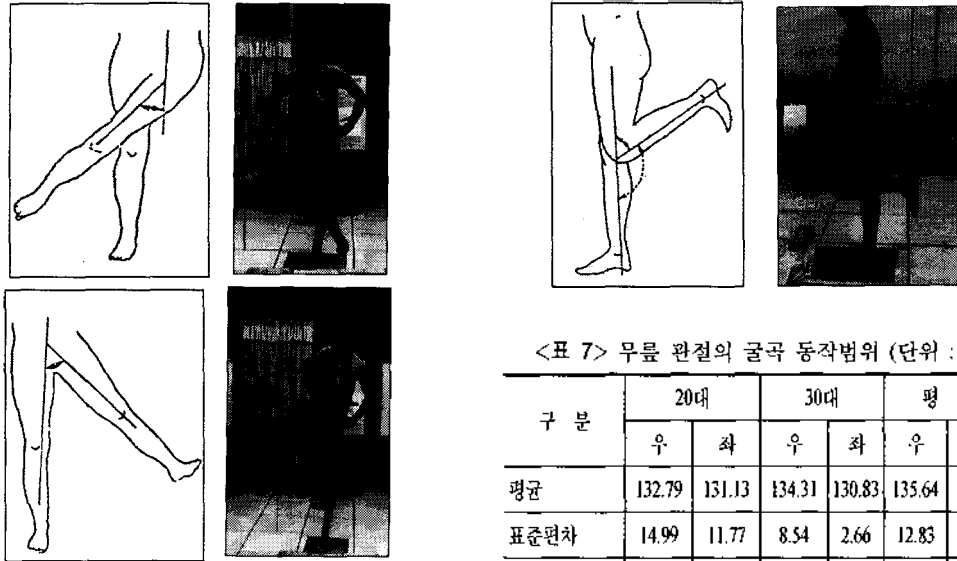
(2) 내전(Adduction)/외전(Abduction)

- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 시상면에 수평인 기준선을 중심으로 선 자세에서 다리를 편 상태로 한쪽다리를 몸안쪽, 몸바깥쪽으로 움직일 때 대퇴돌기점과 무릎마디바깥점에 붙인 마커의 위치변화로 내전과 외전의 각을 측정한다.
- 측정기준 : 대퇴돌기점을 지나는 시상면과 대퇴 돌기점-무릎마디바깥이 이루는 각
- 엉덩이 관절의 내전과 외전의 동작범위는 <표 6>과 같다. 내전의 경우 우의 평균 22.60(20대 22.53 ; 30대 21.59)이었으며, 좌의 평균은 22.04(20대 22.60 ; 30대 22.27)이었다. 외전의 경우 우의 평균은 77.40(20대 76.88 ; 30대 85.40)이었으며, 좌의 평균은 76.08(20대 74.61 ; 30대

<표 5> 엉덩이 관절의 굴곡과 신전 동작범위

(단위 : deg.)

구 분	굴 곡						신 전					
	20대		30대		평 균		20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌
평균	116.92	117.03	120.78	115.23	121.20	117.95	33.23	33.15	42.41	41.26	36.91	36.75
표준편차	7.27	6.97	11.51	8.74	9.00	6.74	8.22	8.70	11.27	10.27	10.49	10.08
5th percentile	108.13	107.75	107.17	105.07	108.34	106.27	19.43	18.88	27.76	24.46	20.58	20.13
50th percentile	115.15	115.65	121.40	113.40	122.00	117.05	34.85	32.70	43.80	42.90	36.20	36.65
95th percentile	128.60	129.10	137.94	128.43	133.13	128.86	43.25	45.15	58.24	54.32	53.40	52.23



<표 7> 무릎 관절의 굴곡 동작범위 (단위 : deg.)

구 분	20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌
평균	132.79	131.13	134.31	130.83	135.64	134.07
표준편차	14.99	11.77	8.54	2.66	12.83	11.54
5th percentile	108.50	117.23	119.05	127.48	118.93	121.45
50th percentile	132.45	128.15	133.30	130.40	134.85	131.40
95th percentile	155.53	150.78	145.67	134.64	160.07	160.68

82.91)이었다. 내전은 연령과 좌우 차이가 없었으나, 외전은 30대가 20대보다 동작범위가 큰 것으로 나타났다.

3) Knee(무릎) Joint 에서의 ROM

(1) 굴곡(Flexion)

- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면에 수평인 기준선을 중심으로 선자세에서 무릎을 굽힐 때 무릎마디바깥점과 복사바깥점에 붙인 마커의 위치변화로 굴곡의 각을 측정한다.
- 측정기준 : 대퇴골기점을 지나는 관상면과 무릎 마디바깥점-복사바깥점이 이루는 각

· 무릎관절의 굴곡 동작범위는 <표 7>에서와 같이 우의 평균은 135.64(20대 132.79 ; 30대 134.31)이었으며, 좌의 평균은 134.07(20대 131.13 ; 30대 130.83)이었다.

4) Ankle(발목) Joint에서의 ROM

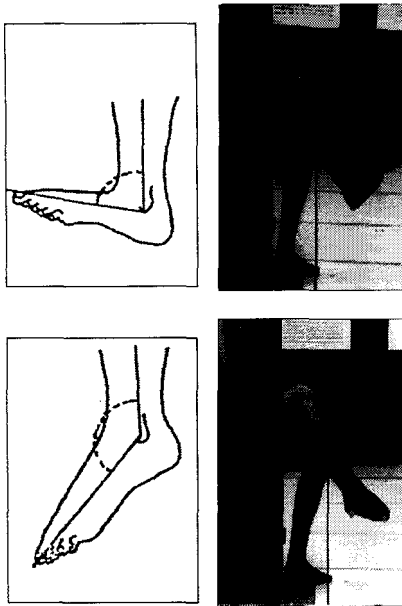
(1) 굴곡(Flexion)/신전(Extension)

- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면에 수평인

<표 6> 엉덩이 관절의 내전과 외전 동작범위

(단위 : deg.)

구 분	내 전						외 전					
	20대		30대		평 균		20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌
평균	22.53	22.60	21.59	22.27	22.60	22.04	76.88	74.61	85.40	82.91	77.40	76.08
표준편차	8.45	9.29	10.03	8.10	12.12	12.36	9.62	11.73	17.30	17.68	18.38	18.76
5th percentile	8.74	12.42	9.56	13.53	9.22	13.16	60.89	55.79	59.96	52.55	50.64	44.70
50th percentile	25.10	19.60	19.35	20.15	23.90	18.00	76.40	75.10	85.45	79.15	77.70	76.95
95th percentile	32.70	38.08	41.31	33.45	37.18	35.40	89.82	89.83	110.06	103.48	101.80	101.98

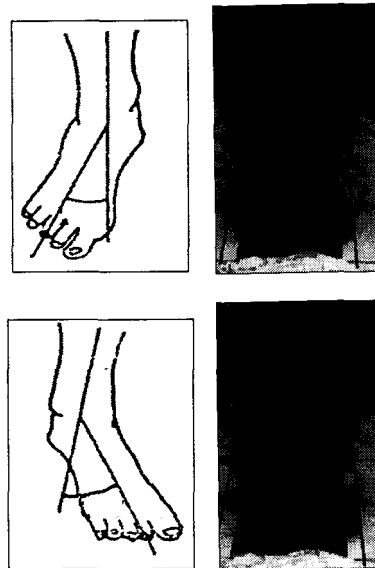


기준선을 중심으로 앉은자세에서 무릎을 고정 시킨 후 발목을 움직여 구부리거나 펼 때 복사 바깥점과 발끝점(5째발가락)에 붙인 마커의 위치변화로 굴곡과 신전의 각을 측정한다.

- 측정기준 : 복사바깥점을 지나는 관상면과 복사 바깥점-발끝점(5째발가락)이 이루는 각
- 발목관절 굴곡과 신전의 동작 범위는 <표 8>과 같다. 굴곡은 우의 경우 평균 52.08(20대 57.22 ; 30대 57.09)이었으며, 좌의 경우 평균 50.81(20대 58.79 ; 30대 53.86)이었다. 신전은 우의 평균이 44.41(20대 35.45 ; 30대 39.24)이었으며, 좌

의 평균이 47.05(20대 38.74 ; 30대 40.25)이었다.

(2) 외전(Abduction)/내전(Adduction)



- 3차원 공간에서의 측정 방법 : 관상면에 수평인 기준선을 중심으로 앉은자세에서 무릎을 고정 시킨 후 발목을 움직여 구부리거나 펼 때 복사 바깥점과 발끝점(5째발가락)에 붙인 마커의 위치변화로 굴곡과 신전의 각을 측정한다.
- 측정기준 : 복사바깥점을 지나는 관상면과 복사 바깥점-발끝점(5째발가락)이 이루는 각
- 발목관절 외전과 내전의 동작 범위는 <표 9>와

<표 8> 발목 관절의 굴곡과 신전 동작범위 (단위 : deg.)

구 분	굴 곡						신 전					
	20대		30대		평 균		20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌
평균	57.22	58.79	57.09	53.86	52.08	50.81	35.45	38.74	39.24	40.25	44.41	47.05
표준편차	14.92	12.99	15.45	15.21	13.32	11.44	10.95	12.03	14.84	11.31	22.71	22.62
5th percentile	33.52	39.46	36.01	29.43	33.07	30.22	22.74	24.68	21.88	27.02	23.86	25.40
50th percentile	56.80	57.90	62.00	57.20	53.70	49.50	34.00	38.60	38.00	38.70	37.45	41.65
95th percentile	72.06	77.04	78.65	74.09	72.58	67.14	49.72	63.32	62.41	58.27	89.53	97.24

<표 9> 발목관절의 외전과 내전의 동작범위

(단위 : deg.)

구 분	외 전						내 전					
	20대		30대		평 균		20대		30대		평 균	
	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우	좌
평 균	36.24	38.92	43.27	42.16	38.41	38.62	50.33	49.74	51.41	52.25	50.23	50.19
표준편차	9.99	7.31	11.35	7.83	9.67	8.05	10.94	12.37	13.52	10.26	10.91	10.66
5th percentile	21.50	29.55	28.89	29.50	26.43	28.20	33.78	32.90	34.78	35.82	33.88	34.43
50th percentile	34.15	39.15	41.80	41.50	34.55	39.20	52.10	48.40	50.20	53.75	51.40	49.15
95th percentile	51.58	49.25	66.48	52.69	51.83	50.65	68.60	70.68	78.19	69.67	64.60	69.82

같다. 외전 우의 평균이 38.41(20대 36.24 ; 30대 43.27)이었으며, 좌의 경우 평균 38.62(20대 38.92 ; 30대 42.16)이었다. 내전은 우의 평균이 50.23(20대 50.33 ; 30대 51.41) 이었으며, 좌의 평균이 50.19(20대 49.74 ; 30대 52.25)이었다. 외전, 내전 모두 30대가 20대보다 동작범위가 컸으며, 좌우 차이는 없었다.

2. ROM 기초통계량 비교와 신체 총실 지수에 따른 상관관계, 동작범위의 좌·우에 따른 차이 비교
 <표 10>은 남자의 기본 인체 측정 통계량을 나타

낸 것이고, <표 11>은 기본 동작범위의 측정량을 정리하고 타 연구들과 비교한 것이다. <표 11>의 본 연구 결과와 이상도(40~60대, 1998)등의 연구결과를 비교해 본 결과 몸통, 엉덩이, 무릎, 발목관절에서 동작범위가 현저한 차이가 있었다. 이는 측정하는 장비의 차이와 피실험자의 동작자세에 대한 정의가 제시되어 있지 않아 측정자세에 그 원인이 있고, 특히 연령하고도 관계가 깊다고 볼 수 있다. 20~30대는 연령별 동작범위는 큰 차이가 없었으나 40~60대의 동작범위 차이는 현저한 것으로 나타났다. 이는 중년 이후의 하체 동작범위가 작아지는 경향을

<표 10> 남자의 기본 인체 측정 통계량

(상단값 : 평균, 하단값 : 표준편차) n=40, 단위 : cm

구 분	Present (20~30대)	1997년 국민체위조사 (20~30대)	이상도 등 (40~60대)	기도형 (20대)	MIL-HD BK59	구 분	Present (20~30대)	1997년 국민체위조사 (20~30대)	이상도 등 (40~60대)	기도형 (20대)	MIL-H DBK59
키	172.01 5.76	170.94 4.98	168.28 4.69	171.1 5.8	-	복사바깥 높이	8.53 7.91	6.66 0.54	-	-	-
앞손키	92.53 3.07	92.32 2.78	-	-	-	어깨-팔꿈치 길이	32.20 2.16	33.36 1.62	-	-	-
목 뒤 높이	144.62 5.34	144.64 5.00	-	-	-	팔꿈치손목 길이	24.78 1.95	25.56 1.42	-	-	-
어깨높이	140.17 5.31	138.34 5.02	137.52 4.43	-	-	손길이	17.84 1.33	18.86 0.82	18.41 0.67	-	-
대퇴골기 높이	88.57 8.13	84.12 4.04	-	-	-	발길이	25.18 1.88	24.9 1.00	24.80 0.94	-	-
무릎안쪽 높이	46.45 3.05	44.52 2.22	-	-	-	몸무게 (kg)	69.03 8.94	66.72 7.78	67.69 7.26	62.5 7.5	-

<표 11> 남자 기본 동작범위 측정 통계량 및 국내외 연구의 비교 n=40 (단위 : deg)

구 분	Present (20~30대)	이상도 등 (40~60대)	기도형 (20대)	MIL-HD BK59	구 분	Present (20~30대)	이상도 등 (40~60대)	기도형 (20대)	MIL-HDBK 59
몸통 굴곡	79.27 11.33	33.43 7.09	-	-	엉덩이 외전우	77.40 18.38	50.22 11.70	50.7 5.6	41~65
몸통 신전	22.43 5.82	39.56 8.40	-	-	엉덩이 외전좌	76.08 18.76	-	-	-
몸통 추곡우	29.95 6.65	27.76 6.22	-	-	무릎 굴곡우	135.64 12.83	103.66 9.90	132.2 8.7	100~126
몸통 추곡좌	30.51 6.15	-	-	-	무릎 굴곡좌	134.07 11.54	-	-	-
몸통 회전우	80.69 16.90	-	-	-	발목 굴곡우	52.08 13.32	37.77 9.49	17.6 7.7	28~42
몸통 회전좌	82.86 13.99	-	-	-	발목 굴곡좌	50.81 11.44	-	-	-
엉덩이 굴곡우	121.20 9.00	115.66 7.79	134.6 9.6	100~126	발목 신전우	44.41 22.71	35.53 7.34	65.6 12.6	26~50
엉덩이 굴곡좌	117.95 6.74	-	-	-	발목 신전좌	47.05 22.62	-	-	-
엉덩이 신전우	36.91 10.49	-	40.1 9.9	-	발목 외전우	38.41 9.67	-	-	-
엉덩이 신전좌	36.75 10.08	-	-	-	발목 외전좌	38.62 8.05	-	-	-
엉덩이 내전우	22.60 12.12	26.87 6.78	30.9 7.9	19~43	발목 내전우	50.23 10.91	-	-	-
엉덩이 내전좌	22.04 12.36	-	-	-	발목 내전좌	50.19 10.66	-	-	-

확실히 뒷받침하고 있다. 기도형의 연구결과와는 차이가 있었는데 이는 피실험자의 동작 자세와 측정도구가 다르게 때문인 것으로 보여진다.

<표 12>는 동작범위 좌우에 따른 평균 차이검정을 한 결과이다. 각각의 피실험자들의 체형분류는 3차로 Röhrer 지수(= 체중/키³×10⁷)를 이용하여 1997년도 국민표준체위 조사보고서(김동진 등, 1997)에 따라 해당되는 4개의 백분위수 그룹(25 percentile 간격)으로 나누고, 각 그룹별 평균값의 차이에 대한 검정을 통하여 정적 변수와 동작범위와의 상관관계를 분석하였으나 그룹에 따른 동작범위와 정적, 동적

변수들과의 유의성(<0.05)은 높지 않은 것으로 분석되었다. 2차로는 각 개인별 Röhrer 지수와 동적, 정적 변수와 상관관계를 분석하였으나 역시 유의성은 높지 않았고, 3차로는 체중의 비중을 높인 지수(=체중/키)를 가지고 3개의 그룹으로 나누어 동일한 분석을 시도하였으나 역시 그룹별 차이점은 발견되지 못하였다. 또한 20대와 30대의 동작 범위에 따른 차이를 T-test에 의해 분석한 결과 유의한 차이는 없었다. 그리고 관절별 동작범위의 좌·우에 따른 평균 차이를 살펴보면 <표 12>와 같이 11개 측정항목에서 거의 모든 항목에서 차이가 없었다.

<표 12> 동작범위의 좌우에 따른 평균 차이검정
(단위 : deg.)

구 분	Present (20~30대, 남)				p-값
	우		좌		
	평균	표준 편차	평균	표준 편차	
몸통 축곡	29.95	6.65	30.51	6.15	0.290
몸통 회전	80.69	16.90	82.86	13.99	0.168
엉덩이 굴곡	121.20	9.00	117.95	6.74	0.004
엉덩이 신전	36.91	10.49	36.75	10.08	0.837
엉덩이 내전	22.60	12.12	22.04	12.36	0.564
엉덩이 외전	77.40	18.38	76.08	18.76	0.308
무릎 굴곡	135.64	12.83	134.07	11.54	0.260
발목 굴곡	52.08	13.32	50.81	11.44	0.369
발목 신전	44.41	22.71	47.05	22.62	0.119
발목 외전	38.41	9.67	38.62	8.05	0.887
발목 내전	50.23	10.91	50.19	10.66	0.979

* $p \leq 0.05$

V. 결 론

본 연구는 기존의 직·간접 인체측정법들이 지니고 있는 여러 가지 한계점을 극복하고, 정확한 체형 측정과 분석으로 의복패턴제작에 필요한 3차원 정보를 제공키 위해 20~30대 남자 총 40명을 대상으로 3-D 공간에서 움직이는 동작 중 하체의 관절별 동작 범위를 측정하였고, 연령 및 좌우 차이와 그 동안 연구되어온 국내·외의 연구결과와도 비교해 보았다. 연구방법에 있어서 3차원 동작분석 장치가 사용되었고, 3-D 동작 측정 시스템인 VICON 140을 이용하여 피실험자의 정지 자세 없이 연속적인 동작 범위를 측정하였다. 분석프로그램 상에서도 동작 범위를 그래프로 가시화 할 수 있어 그래프상의 최고점과 최저점과의 차이로서 각도의 범위를 쉽게 분석할 수 있었다.

연구 결과는 다음과 같다.

1. 관절별 연령 비교

본 연구결과(20~30대)와 이상도(40~60대, 1998) 등의 연구결과를 비교해 본 연구 결과 몸통(굴곡, 신전), 엉덩이(외전우), 무릎(굴곡우), 발목(굴곡우, 신전우) 관절에서 20~30대의 동작범위가 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 결과가 나타난 원인은 이상도 연구에서 피실험자의 동작자세에 대한 정의가 제시되어 있지 않아 동작자세의 차이와 측정도구의 차이가 그 원인이라고 생각되며, 특히 연령하고도 관계가 깊다고 볼 수 있다. 20~30대는 연령별 동작범위는 큰 차이가 없었으나 40~60대와의 동작범위 차이는 현저한 것으로 나타났다. 이에 중년 이후의 하체 동작범위가 작아지는 경향을 확실히 뒷받침하고 있다.

그리고 같은 연령대인 기도형(20대)연구와의 비교에서도 엉덩이(굴곡우, 내전우, 외전우), 발목(굴곡우, 신전우) 관절에서 동작범위가 크게 차이가 나는데 연구결과와의 차이는 동작을 실시하는 자세와 측정도구의 차이를 원인으로 볼 수 있다.

2. 관절별 좌우 차이 비교

관절별 동작범위의 좌·우에 따른 평균 차이를 살펴본 결과 거의 모든 항목에서 유의한 차이를 보이고 있지 않았다. Röhler 신체 충실지수 및 몸무게/키 충실지수를 이용하여 키, 몸무게 등의 정적자료와 각 동작별 유의적인 차이를 검토한 결과 유의수준($p \leq 0.05$)에서 차이가 없었다. 20대와 30대의 동작범위에 따른 차이를 T-test에 의해 분석한 결과에서도 유의한 차이는 없었다.

3. 국내·외 연구결과 비교

20~30대 남자의 좌우에 대한 측정이 본 연구에서 이루어져 그간 실시되어온 국내 연구와 더불어 각각의 연령층별 비교 분석이 이루어질 수 있었다. 그러나 연구마다 측정 자세, 측정장비, 측정방법에 의한 차이로 결과 값의 차이가 발생되고 있음을 알 수 있었으며 이는 향후 측정방법 및 기준의 표준화로 신뢰성 있는 자료 산출이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이상으로 본 연구의 결과는 신축성이 없는 소재로 의복을 만들 경우나 특수복 제작에 있어서 운동량의 적용과 기능성 향상을 위한 세부적이고 구체적인

인 자료로서 활용이 가능하다는 점에 그 의의가 있다. 즉 몸통 측곡이나 회전은 의복의 패턴 설계시 상의의 의복 여유분을 줄 때 일률적으로 주기보다는 동작범위의 측정된 자료를 고려하여 의복을 제작하는 것이 더 인체에 적합한 의복을 만들 수 있을 것이라고 본다. 또한 기능성이 매우 중요시되는 스포츠웨어의 제작시에도 신축성이 있는 소재라 할지라도 세세한 신체 동작범위까지 고려된다면 더욱 바람직한 기능복을 만들 수 있을 것이다 이는 더 나아가 산업용품의 디자인 및 형태를 제작하는데 기초자료로서 도움을 줄 것으로 생각되며 3차원 인체모형 설계와 제품설계에 인간공학적 자료로 활용되기를 바라는 바이다. 후속 연구로 여성의 상체와 하체에 대한 연구도 이루어져 남자와의 비교를 통해 인체의 동작범위에 대한 다각적인 분석이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 기도형. "한국 대학생의 가상 hip 관절과 하지관절의 동작범위 측정". 대한인간공학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 125-135, 1996.
2. 김동진 등. "국민표준체위 조사 보고서". 국립기술품질원, 1997.
3. 김철중 외 5인. "인체 측정방법 및 용어의 표준화 연구". 한국표준과학연구원, 1988.
4. 박재희, 김진호, 박수찬, 윤정선, 김원식, 강산길, 김경택, 유금선. "인체동작반응 측정평가 시스템 개발". 한국표준과학연구원, 1998.
5. 이상도, 이동춘, 윤훈용, 심정훈, 유병철. "한국 중장년층의 동작범위에 관한 연구". 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 57-61, 1998.
6. 이영신, 이석기, 박세진, 김철중. "한국인 20대 청년의 팔 관절 동작범위 측정 연구". 대한인간공학회지 논문집, 62-71, 1995.
7. Chaffin, D. B., and Andersson, G. B. J. *Occupational Biomechanics*. 2nd, John Wiley & Sons Inc, New York, 1991.
8. Glanville, A. D., and Kreezer, G. "The Maximum Amplitude and Velocity of Joint Movements in Normal Male Adults". *Human Biology*, 9 : 197, 1937.
9. Harris, M. L., and Harris, C. W. A Factor Analytic Study of Flexibility, The Nation Convention of the American Association of Health. *Physical Education, and Recreation*, Research Section, St. Louis, Mo., 1968.
10. Izge Günel, Nusret Köse, Oral Erdogan, Erol Göktürk. "Normal Range Of Motion Of the Joint of the Upper Extremity in Male Subjects, with Special Reference to Side". *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 78A, No. 9, 1404-1401, 1996.
11. Laubach, L. L. "Body Composition in Relation to Muscle Strength and Range of Motion". *J. of Sports Medicine and Physical Fitness*, 9(5) : 89-97, 1969.
12. Murrell, K. *Ergonomics*. Chapman and Hall, London, 1969.
13. Paul Allard, Ian A. F. Stokes, Jean-Pierre Blanchi. "Three-Dimensional Analysis of Human Movement". *Human Kinetics*, 1995.
14. Sanders McComick. "Human Factors in Engineering and Design". McGraw-Hill, 1987.
15. Sinelkinoff, E, and Grigorowitch, M. "The Movement of Joints as a Secondary Sex-and Constitutional -Characteristic". *Zeitschrift fur Konstitutionslehre*, 15 (6): 679-693, 1931.
16. Staff, K. R. A Comparison of Range of Joint Mobility in College Females and Males. unpublished Master's Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, 1983.
17. The U. S. Army Human Engineering Laboratory, "Military Standardization Handbook, Human Factors Engineering Design for Army Material", pp. 148-153, 1975.
18. Webb Associates. *Anthropometric Source Book*, Vol. 1, Ch. VI, NASA Ref. 1024. National Aeronautics and Space Administration, 1978.