Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 25, No. 2 pp.33-41, May 2006

한국인과 서구인 청년층의 보행특성 비교*

임완수[2] · 류태범[1*] · 최훈우[3] · 최화순[1] · 정민근[1]

[1]포항공과대학교 기계산업공학부 / [2]삼성전자 무선통신 사업부 / [3]LG전자 MC 사업본부

A Comparison of Gait Characteristics between Korean and Western Young People

Wansoo Lim[2], Taebeum Ryu[1*], Hoonwoo Choi[3], Hwa Soon Choi[1], Min K. Chung[1]

[1]Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784
[2]Telecommunication & Network Business, Samsung Electronics, Seoul, 100-759
[3]Mobile Handset R&D Center, LG Electronics, Seoul, 153-801

ABSTRACT

It is important to analyze the characteristics of normal gait in clinical and biomechanical aspects. Although gait characteristics can be varied by anthropometric, racial and cultural factors, normal gait studies have been performed mostly for Western people. The present study conducted a gait analysis for Korean young adults and compared the gait characteristics with those of Western people for the establishment of Korean normal gait data. A total of thirty-two adults in twenties(20 males and 12 females) were participated in the gait experiment and their spatio-temporal and kinematic/kinetic gait characteristics were analyzed. The comparison of the gait characteristics between Korean and Western people, revealed that the stride length and walking speed of Korean were significantly smaller than those of Western people by 0.1~0.3m and 0.15~0.40m/s respectively. And the knee abduction moment of Korean was larger than that of Western people, while the other moments(such as hip flexion/extension moments, abduction/adduction moments, and knee flexion/extension moments) were smaller than those of Western people. The ranges of joint angles between the gait studies were largely different with each other, but most of motion patterns and excursions were similar.

Keyword: Gait analysis; Korean, Comparison, Spatio-temporal, Kinematic, Kinetic

1. 서 론

정상인의 보행특성을 나타내는 각 보행 변수들의 정상범위 파악은 보행동작을 정량적으로 분석하는 인체역학적 측면과 비정상 보행특성을 파악하는 임상적 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 정상 보행특성치는 조사 대상인구의 보행동작을 기구학 측면에서 정량적으로 나타내는 기초자료로써 사용되어 왔다. 또한 정상 보행특성치는 하지 관련 환자의 비정상적 보행특성을 파악하는데 적용되고 있다(Pierrynowski, 2001; Kadaba et al., 1990; Whittle, 2002).

정상 보행특성에 관한 연구는 여러 국가에서 행해지고 있고, 특히 북미 및 유럽에서 많이 이루어지고 있다. 미국의 경우 Kadaba et al.(1997)은 18~40세의 남녀 40명을 대상

*본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임.
교신저자: 류태범
주 소: 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산31번지, 전화: 054-279-2848, E-mail: tbryu@postech.ac.kr

으로 보행 주기 내 특정 사건 및 단계와 관련된 시간/거리/속도 등을 나타내는 시거리특성 변수 및 하지 관절의 각운동을 나타내는 운동형상학적 변수의 정상범위를 파악하였다. 또한 Moiso et al.(2003)은 남녀 158명을 대상으로 보행 실험을 하여 관절의 힘과 모멘트를 나타내는 운동역학적 변수의 정상범위를 제시하였다. 유럽의 경우 Auvinet et al.(2002)은 20세 이상의 프랑스인 남녀 282명을 대상으로 시거리특성 변수에 대하여 정상범위를 제시하였고, Benedetti et al.(1998)은 이탈리아인 남녀 10명씩 총 20명의 정상인에 대한 운동형상학적 변수와 운동역학적 변수의 정상범위를 파악하였다. 한국에서 Cho et al.(2004)은 시거리특성 변수 및 운동형상학/운동역학적 변수에 관하여 정상 보행특성치를 조사하였으나, 남/녀의 차이를 살펴보는데 그치고 있었다.

보행특성은 인체 크기, 인종, 문화적 특성 등에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 한국인의 정상 보행 데이터를 구축하기 위해서는 한국인을 대상으로 한 보행 연구가 필요하다. 한국인과 서구인의 보행특성 차이에 대한 예로, Cho et al.(2004)의 한국 남성의 보행간격(1.27m)은 Auvinet et al.(2002)의 프랑스 남성(1.65m) 그리고 Benedetti et al.(1998)의 이탈리안 남성(1.40m)보다 작게 나타났다. 그러나 한국인과 서구인이 서로 다른 보행특성을 보이고 있음에도 불구하고, 한국 정상 보행 데이터의 부족으로 인하여 한국인을 대상으로 한 임상과 인체역학적 적용에서 서구인의 정상 보행 데이터가 사용되고 있다. 서구인의 보행 데이터를 한국인의 임상학적 보행분석에 기준으로 이용하는 것은 의학적 진단과 해석에 오류를 초래할 수 있다.

이러한 오류를 없애기 위하여, 비서구인을 대상으로 정상 보행 데이터를 수집하고, 서구인의 정상 보행 데이터와의 차이를 밝힌 연구는 쿠웨이트(Saud et al., 2003), 브라질(Da Costa and Denucci, 1994) 등의 다양한 국가에서 시도되었다. 그러나 한국인만을 대상으로 보행 실험을 하여, 이를 기존 서구 연구들과 비교 분석한 연구는 아직 없는 실정이다.

본 연구는 우선적으로 한국 20대 성인 남녀 32명을 대상으로 보행 실험을 실시하여, 한국인 정상 보행특성을 파악하였다. 한국인의 정상 보행특성은 시거리특성, 운동형상학/운동역학적 측면에서 파악되었고, 이를 Cho et al.(2004)의 연구와 비교하여 한국인에 대한 본 연구 결과의 타당성을 검증하였다. 또한 파악된 결과는 Kadaba et al.(1990), Auvinet et al.(2002), Benedetti et al.(1998), Wearing et al.(2000), 그리고 Moiso et al.(2003) 등의 서구의 관련 기존 연구들과 비교되었다. 그리고 서구인과 유의한 차이를 보이는 특성은 한국인 고유의 보행특성으로 파악되었다.

2. 연구 방법

2.1 실험참여자

한국인의 정상 보행특성을 파악하기 위하여 본 연구의 보행 실험에 한국 20대 성인 남성 20명과 여성 12명이 참여하였다. 실험참여자들은 하지에 관련된 병력이 없으며, 일상생활 중 보행에 불편이 없는 대학생 및 대학원생으로 구성되었다. 실험참여자들의 나이는 Cho et al.(2004)과 같이 보행이 성숙되고 노화의 영향이 최소한으로 나타나는 20대로 한정하였다. 남녀 실험참여자의 나이 및 대표적인 신체특성은 표 1과 같다. 남성의 신장을 제외한 실험참여자들의 각 신체특성은 Size Korea(Korean Agency for Technology and Standards, 2004)와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p<0.05). 본 실험의 남성 평균 신장은 Size Korea의 20대 남성보다 통계적으로 작게 나타났으나, 실질적으로 그 차이(2.5cm 이하)는 크지 않았다.

표 1. 실험참여자 연령 및 신체특성

	남성		여성	
	평균	표준편차	평균	표준편차
연령(세)	25.0	2.0	24.1	1.6
신장(cm)	170.5	4.3	158.0	5.6
몸무게(kgf)	69.1	7.9	50.7	6.3

2.2 실험장비

본 연구는 보행특성 분석을 위해 Falcon 카메라와 힘판(force plate)으로 이루어진 3차원 보행측정 시스템을 사용하였다. 동작측정에는 6대의 Falcon 240 카메라(Motion-Analysis, 미국)가 사용되었고, 샘플링 비율(sampling rate)은 60Hz로 설정되었다. 힘판은 Bertec社(미국)의 Force Plate(0.40×0.60m) 한 개가 사용되었고, 샘플링 비율은 1000Hz로 설정되었다. 카메라 시스템과 힘판을 통해 얻어진 데이터를 종합하고 분석하기 위한 소프트웨어로 EvaRT 4.2 및 OrthoTrak 5.0(MotionAnalysis, 미국)이 사용되었다. 그림 1은 실험장비의 배치를 나타내고 있다.

2.3 실험절차

본 보행분석 실험은 사전준비와 보행측정의 두 단계로 이루어졌다. 사전준비 단계에서는 실험의 목적과 방법을 실험참여자들에게 설명하였다. 또한 분석에 필요한 실험참여자들

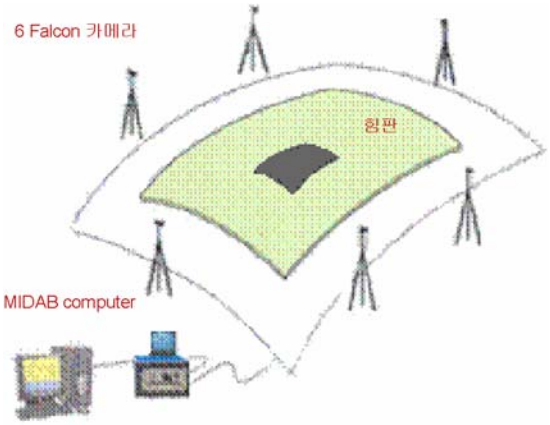

그림 1. 실험장비 배치

의 인체치수(신장, 몸무게, 나이, 발의 폭과 길이, 무릎 및 발목 관절의 폭)를 측정하였다. 그 후 지름 25mm의 마커 15개를 Helen Hayes Marker Set(Kadaba et al., 1990)에 따라 그림 2와 표 2와 같이 두 다리와 골반에 부착하였

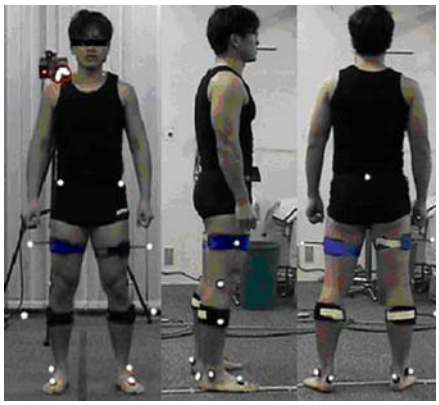

그림 2. 보행동작 분석을 위한 마커 부착 위치

표 2. 보행동작 분석을 위한 마커 부착 위치

부위	마커 부착 위치
골반	천골(sacrum) 왼쪽/오른쪽 아래앞엉덩뼈가시 (left/right anterior superior iliac spine)
넓적다리	넓적다리 가쪽 중간(middle of the lateral thigh)
무릎	대퇴부 가쪽위관절융기(lateral femoral epicondyle)
정강이	정강이 가쪽 중간(middle of the lateral shank)
발목	가쪽 복사(lateral malleolus)
발	2번째와 3번째 중족골뒤발꿈치뼈 사이 지점 (point between the 2nd and 3rd metatarsal posterior calcaneus)

다. 보행측정 단계에서는 실험참여자들이 맨발로 약 4m 정도의 보행 구간을 자연스러운 속도로 걷도록 하였다. 측정 전 실험참여자들에게 5 분간의 보행 연습시간을 주었다. 또한 측정 시에는 시각적 조준 효과(visual targeting)를 방지하기 위하여 힘판을 가렸으며, 힘판 내에 발이 전부 들어올 때까지 보행을 반복적으로 측정하였다.

표 3. 본 연구에 사용된 보행특성 변수

종류		변수	단위
시거리특성 변수		활보폭(stride width)	m
		보행속도(walking speed)	m/s
		보행간격(stride length)	m
		보폭(step length)	m
		분속 수(cadence)	steps/min
		디딤시간(stance time)	% cycle
		유각시간(swing time)	% cycle
운동 형상학적 변수	골반	골반 기울어짐(pelvic tilt)	degree
		골반 경사(pelvic obliquity)	degree
		골반 회전(pelvic rotation)	degree
	엉덩	굽힘/폄(flexion/extension)	degree
		내반/외반(adduction/abduction)	degree
		회전(internal/external rotation)	degree
	무릎	굽힘/폄(flexion/extension)	degree
		내반/외반(varus/valgus)	degree
		회전(internal/external rotation)	degree
	발목	발등/발바닥굽힘 (dorsiflextion/plantarflextion)	degree
		안쪽번짐/가쪽번짐(inversion/eversion)	degree
		회전(internal/external rotation)	degree
운동 역학적 변수	지면 반력	수직 방향의 지면반력(vertical GRF)	N/body weight
		전후 방향의 지면반력(fore/aft GRF)	N/body weight
		측면 방향의 지면반력 (lateral/medial GRF)	N/body weight
	엉덩	굽힘/폄 모멘트 (flexion/extension moment)	Nm/body weight
		내반/외반 모멘트 (adduction/abduction moment)	Nm/body weight
	무릎	굽힘/폄 모멘트 (flexion/extension moment)	Nm/body weight
		내반/외반 모멘트 (varus/valgus moment)	Nm/body weight
	발목	발등/발바닥굽힘 모멘트 (dorsiflextion/plantarflextion moment)	Nm/body weight
		안쪽번짐/가쪽번짐 모멘트 (inversion/eversion moment)	Nm/body weight

2.4 측정 변수

본 보행 실험에서는 표 3과 같은 세 종류의 보행특성 변수를 측정하였다. 시거리특성(time-distance) 변수로 기존 보행 연구들에서 주로 측정되었던 활보폭, 보행속도, 보행간격, 보폭, 분속수, 디딤시간, 유각시간 등의 7개의 변수가 선정되었다. 그림 3은 선정된 시거리특성 변수를 나타내고 있다.

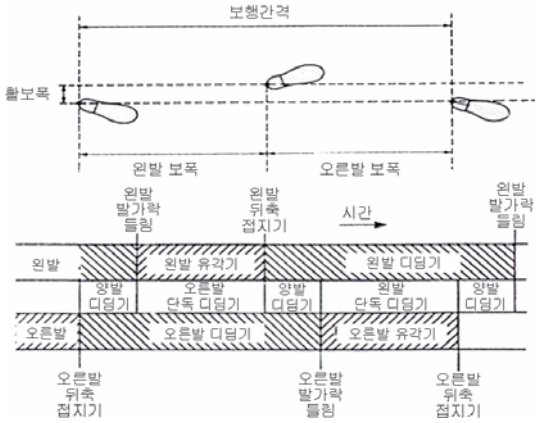

그림 3. 시거리특성 변수

운동형상학적(kinematic) 변수로 하지 4개 관절(골반, 엉덩, 무릎, 발목)의 3가지 기준면(시상면, 전두면, 횡단면)에서 나타나는 총 12가지 관절 각운동이 분석되었다. 운동역학적(kinetic) 변수로 지면반력과 하지 3가지 관절(엉덩, 무릎, 발목)의 시상면(sagittal plane)과 전두면(frontal plane)에서 발생하는 총 6가지 관절 모멘트가 분석되었다. 관절 모멘트는 외적인 힘에 대응하는 내적 모멘트로 표현되었으며, 각 실험참여자의 체중으로 나눈 표준화된 값으로 나타냈다. 그림 4는 선정된 각 하지 관절의 각운동을 나타내고 있다.

3. 결 과

한국인의 정상 보행 데이터는 남성과 여성에 대하여 제시되었으며, 각 보행특성 변수 별로 관련 기존 연구들과 비교되었다.

3.1 시거리특성 변수(time-distance variable)

한국인의 시거리특성 변수를 기존의 연구 결과와 비교하였다. 비교 대상으로 Kadaba et al.(1990)과 Auvinet et al.(2002)의 외국인 데이터와 Cho et al.(2004)의 한국인 데이터가 조사되었다. 기존 연구에 참여한 실험참여자의 인구통계학적 정보는 표 4와 같다. 본 연구의 시거리특성 정상 데이터는 실험참여자 32명의 시거리특성 값을 남녀 별로 평균을 내어 구하였다(표 5 참조). 이중 기존 연구에서 공통적으로 사용된 보행간격, 보행속도, 디딤시간의 세 가지 변수들이 비교대상 변수로 선정되었다.

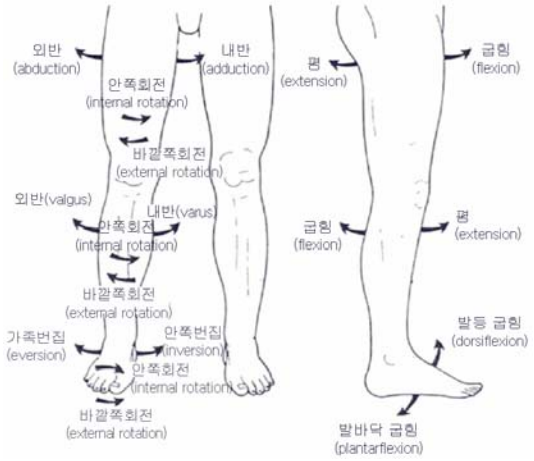

그림 4. 각 하지 관절의 각운동 및 모멘트

표 4. 수집된 기존 연구들의 실험참여자에 대한 인구통계학적 정보

기존 연구	국 적	참여자 수	나이
Cho et al.(2004)	한 국	98 (m:51, f:47)	20~30
Kadaba et al.(1990)	미 국	40 (m:28, f:12)	18~40
Auvinet et al.(2002)	프랑스	282 (m:138, f:144)	20세 이상

m: 남성; f: 여성

표 5. 본 연구의 한국인 시거리특성 정상 데이터

변수	남성		여성	
	평균	표준편차	평균	표준편차
활보폭(m)	0.190	0.042	0.136	0.038
보행속도(m/s)	1.175	0.108	1.084	0.139
보행간격(m/step)	1.320	0.078	1.192	0.094
보폭(m)	0.659	0.041	0.606	0.043
분속수(steps/min)	107.2	7.8	109.3	10.7
디딤시간(% of cycle)	59.6	1.3	60.5	1.5
유각시간(% of cycle)	40.5	1.3	39.5	1.5

기존 연구와의 비교 분석 결과, 한국인의 보행속도와 보행간격은 서구인보다 통계적으로 유의하게 작은 것으로 나타

났다(그림 5, 6 참조). 그림의 'D' 표시는 t-test 결과 본 연구와 기존 연구간 유의한 차이가 있음을 나타낸다. 본 연구의 보행속도는 한국인을 대상으로 한 기존 연구인 Cho et al.(2004)과 유의한 차이를 보이지 않았다. 보행간격 역시 한국인 대상 연구들 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 서구인 대상 연구들의 결과보다 유의하게 작았다(p<0.05). 디딤시간은 본 연구와 Kadaba et al.(1990)의 여성들 간에만 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 모든 연구에서 보행 주기의 약 60% 정도로 유사하게 나타났다(그림 7 참조).

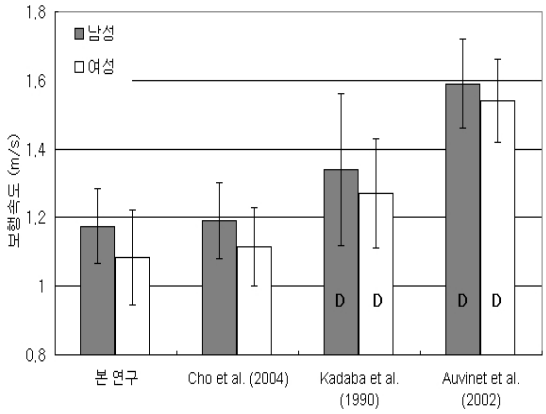

그림 5. 본 연구와 기존 연구 간의 보행속도 비교

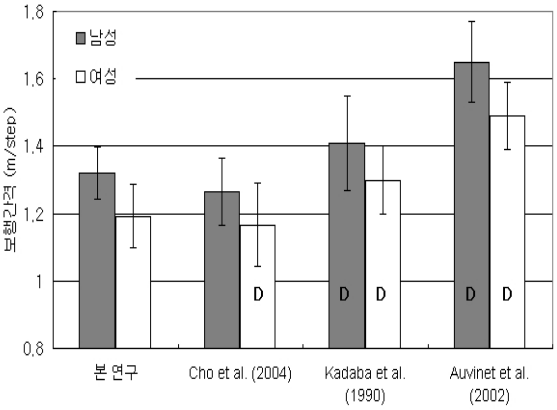

그림 6. 본 연구와 기존 연구 간의 보행간격 비교

3.2 운동형상학적 변수(kinematic variable)

한국인 남성과 여성의 관절 각운동(joint angular motion)의 평균과 표준편차는 그림 8과 같다. 한 보행 주기 동안에 나타나는 실험참여자 32명의 관절 각운동 값에 대한 남녀별 평균과 표준편차를 구하였다. 보행 시 골반, 엉덩이, 무릎, 발목 관절의 시상면 각운동은 Kadaba et al.(1990) 그리고

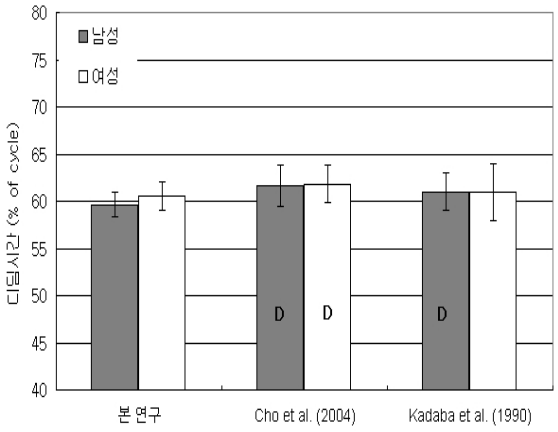

그림 7. 본 연구와 기존 연구 간의 디딤시간 비교

Benedetti et al.(1998)과 같은 기존 연구와 일치하였다. 또한 발목을 제외한 모든 하지 관절의 전두면에서의 각운동 역시 기존 연구와 유사하였다. 그러나 횡단면 상의 엉덩과 무릎 관절의 각운동은 기존 연구와 차이를 보였다. 성별에 따른 각 관절의 각운동의 차이는 Cho et al.(2004)의 결과와 유사하였다. 즉, 골반 기울어짐과 엉덩 관절의 굽힘, 내반, 회전은 보행 주기 전반에 걸쳐 여성이 남성보다 크나 무릎 굽힘과 내반, 발목 굽힘과 회전은 성별에 따른 차이가 없었다.

본 연구의 운동형상학 데이터는 관절 각운동의 최대값과 최소값 사이의 범위와 편위값(최대값 − 최소값)을 기준으로 외국의 연구들과 정량적으로 비교되었다. Kadaba et al.(1990), Benedetti et al.(1998) 그리고 Cho et al.(2004)의 연구에서 운동형상학적 데이터가 수집되었다. 기존 연구에서 분석된 네 관절의 세 가지 기준 평면 측면 각운동을 비교 변수들로 선정하였다. Benedetti et al.과 Kadaba et al.에서 각운동 범위에 대한 정확한 데이터를 얻을 수 있었으나, Cho et al.에서는 범위를 나타내는 그래프만을 얻을 수 있었다. 따라서 Cho et al.의 데이터는 그래프를 보고 값을 추정하여 범위를 파악하였다.

운동형상학 데이터를 비교한 결과, 표 6에 나타난 바와 같이 관절의 각운동 범위는 연구 별로 다르게 나타났으나, 그 편위값은 유사하였다. 또한 한국인을 대상으로 한 두 연구들을 비교한 결과 대부분의 운동형상학적 변수에서 편위값이 유사하였으나, Cho et al.(2004)의 엉덩 관절 회전과 무릎 관절의 내반/외반은 본 연구 및 Kadaba et al.(1990)의 값보다 두 배 정도 크게 나타났다.

3.3 운동역학적 변수(kinetic variable)

지면반력과 관절 모멘트의 크기는 실험참여자의 몸무게에

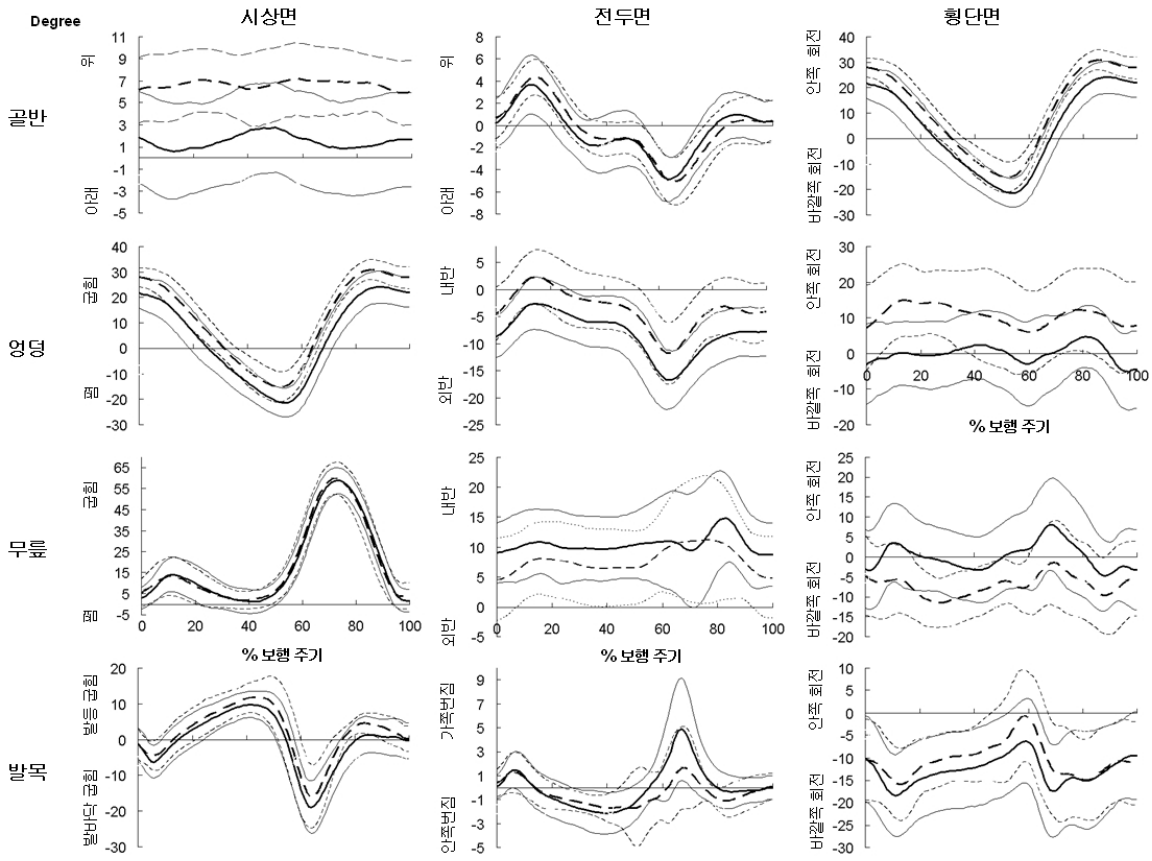

그림 8. 한국 남성(실선)과 여성(점선)의 각 관절 각운동의 평균(검정)과 표준편차(회색)

표 6. 본 연구와 기존 연구들 간의 각운동 범위(편위)의 기존 연구와의 비교

(단위: °)

		본 연구	Cho et al.(2004)	Benedetti et al.(1998)	Kadaba et al.(1990)
골반	기울어짐	3.3~5.0(1.7)	8.5~10.5(2.0)	−4.0~0.0(4.0)	14.0~16.0(2.0)
	경사	−5.0~4.0(9.0)	−4.0~5.0(9.0)	−2.0~2.3(4.3)	−4.2~4.2(8.4)
	회전	−3.2~4.5(7.7)	−3.3~3.3(6.6)	−4.6~1.1(5.7)	−5.1~4.1(9.2)
엉덩	굽힘/폄	−18.3~27.4(45.7)	−5.0~37.0(42.0)	−10.0~29.8(39.8)	−4.2~39.0(43.2)
	내반/외반	−14.1~−0.2(13.9)	−5.0~10.0(15.0)	−5.5~5.4(10.9)	−4.3~7.3(11.6)
	회전	0.4~9.8(9.4)	−11.5~11.0(22.5)	−3.4~8.5(11.9)	−5.0~8.0(13.0)
무릎	굽힘/폄	1.4~59.4(58.0)	9.0~67.0(58.0)	0.4~65.7(65.3)	2.3~59.0(56.7)
	내반/외반	6.6~13.0(6.7)	−4.5~10.5(15.0)	−6.5~4.1(10.6)	−1.0~7.5(8.5)
	회전	−8.2~3.3(11.5)	−	−5.3~8.4(13.7)	−6.0~5.0(11.0)
발목	발등/발바닥굽힘	−17.5~10.8(28.3)	−12.0~19.5(31.5)	−22.6~10.9(33.5)	−14.0~11.5(25.5)
	엎침/뒤침	−1.9~3.3(5.2)	−	−3.2~9.2(13.4)	−
	회전	−17.3~−3.5(13.8)	−	−	−19.0~−5.0(14.0)

큰 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서 지면반력과 관절 모멘트는 개인 간의 체중에 따른 차이를 보정하기 위해 체중으로 나눈 값으로 표준화되었다. 각운동과 동일하게, 한 보행 주기 동안 나타나는 실험참여자 32명의 지면반력과 관절

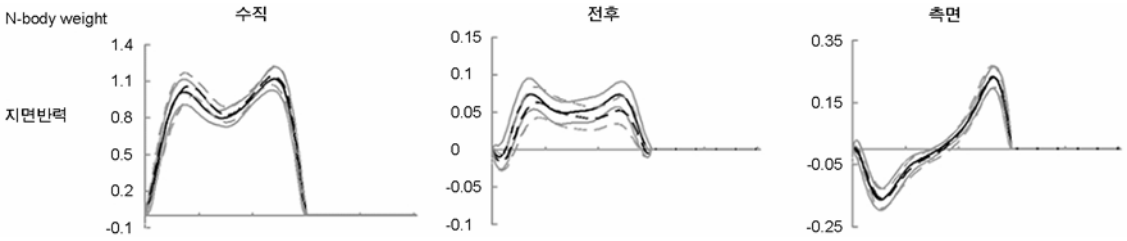

그림 9. 한국 남성(실선)과 여성(점선)의 지면반력의 평균(검정)과 표준편차(회색)

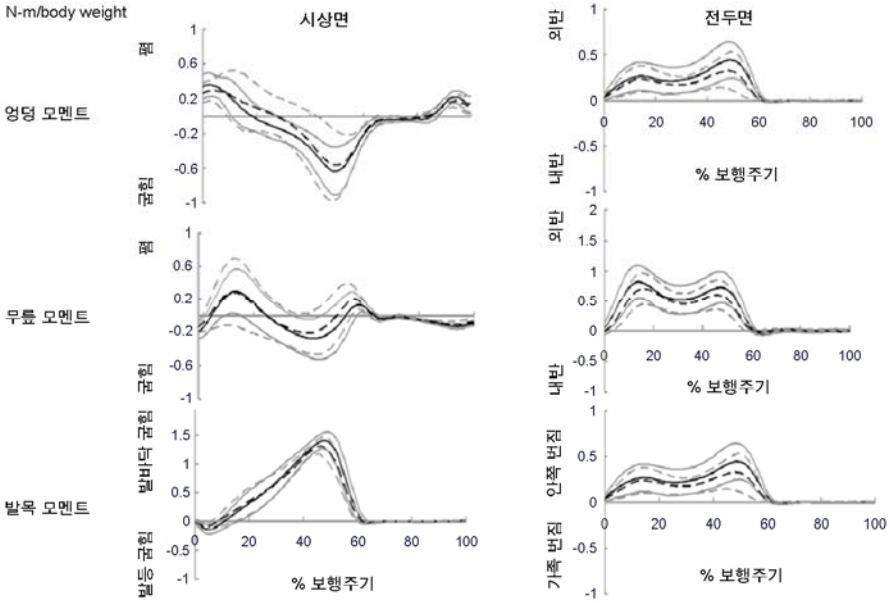

그림 10. 한국 남성(실선)과 여성(점선)의 관절모멘트의 평균(검정)과 표준편차(회색)

모멘트 값에 대한 남녀 별 평균과 표준편차를 구하였다. 전후, 측면, 수직 방향 성분의 표준화된 지면반력(normalized GRF)과 엉덩, 무릎, 발목 관절의 시상면, 전두면의 모멘트는 각각 그림 9, 10과 같다. 보행 중 지면반력과 관절 모멘트의 변화 유형은 Cho et al.(2004)의 연구 결과와 일치하였으나, Benedetti et al.(1998)과는 엉덩과 무릎 관절의 굽힘/폄 모멘트, 발목 관절의 회전 모멘트에서 차이를 보였다.

지면반력을 Benedetti et al.(1998)과 Wearing et al.(2000)의 연구 결과와 비교한 결과, 표 7과 같이, 2~9%의 차이가 있었다. 지면반력은 체중 수용 및 이완 과정에서 각각 나타나는 첫 번째와 두 번째 peak 점을 이용하여 비교하였다. 크기의 순서 측면에서, 한국인의 수직 방향 지면반발력은 Wearing et al. 보다는 크고, Benedetti et al. 보다는 작았다. 한국인의 측면 방향 지면반발력은 두 기존 연구보다 모두 컸으며, 전후 방향 지면반발력은 첫 번째 최고점은 가장 작으나, 두 번째 최고점은 가장 크게 나타났다.

본 연구의 관절 모멘트를 Moiso et al.(2003)과 비교한 결과, 무릎 관절의 내/외반 모멘트를 제외한 모든 모멘트의 편위값이 기존 연구보다 작게 나타났다(표 8 참조). 시상면에서 본 연구의 모든 관절 모멘트 편위값은 Moiso et al.이 파악한 결과보다 약 16~46% 정도 작았다. 또한 전두면에서, 본 연구의 엉덩 관절 모멘트 편위는 Moiso et al. 보다 32% 정도 작았으나, 무릎 관절의 모멘트 편위는 53% 만큼 크게 나타났다.

4. 토 의

본 연구의 한국인 정상 보행특성은 시거리특성, 운동형상학적 및 운동역학적 측면에서 Cho et al.(2004)의 연구 결과와 대부분 일치하였다. 두 연구의 보행간격과 보행속도는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 디딤시간에서 1~2%의 작은 차이를 보이고 있다(그림 5, 6, 7 참조). 운동형상학적

표 7. 기존 연구와의 지면반력 비교

(단위: N/body weight)

방향	최대값	본 연구	Benedetti et al.(1998)	Wearing et al.(2000)
수직	첫 번째	1.07	1.12	1.04
	두 번째	1.13	1.14	1.11
측면	첫 번째	0.08	0.07	0.05
	두 번째	0.07	0.05	0.04
전후	첫 번째	−0.16	−0.19	−0.21
	두 번째	0.23	0.22	0.21

표 8. 관절 모멘트의 범위(편위)의 기존 연구와의 비교

(단위: Nm/body weight)

관절	기준 평면	본 연구	Moiso et al.(2003)
엉덩	시상면	−0.61~0.33(0.94)	−0.65~0.92(1.57)
	전두면	0.00~0.74(0.74)	−0.25~0.84(1.09)
무릎	시상면	−0.25~0.28(0.53)	−0.54~0.45(0.99)
	전두면	0.00~0.76(0.75)	0.00~0.49(0.49)
발목	시상면	0.00~1.35(1.35)	−1.60~0.00(1.60)

측면에서 두 연구 간의 각운동 변화 유형은 엉덩 관절의 회전을 제외한 나머지 관절에서 유사하였다. 또한 각운동의 편위 역시 엉덩 관절의 회전 및 내/외반을 제외하고 대부분 일치하였고, 두 연구의 관절 모멘트의 변화 유형 역시 모든 관절에서 서로 일치하였다.

서구인에 비해 한국인의 보행간격과 보행속도가 상대적으로 작다는 결과에 따라, 보행간격과 보행속도는 한국인의 정상 보행 시거리특성을 대변한다고 볼 수 있다. 한국인의 보행간격과 보행속도는 미국인(Kadaba et al., 1990)이나 프랑스인(Auvinet et al., 2002)보다 각각 0.10~0.30m와 0.15~0.40m/s만큼 유의하게 작았다. 이러한 차이는 키가 큰 사람이 보다 큰 보행간격을 갖는다는 Zatsiorky et al.(2001)의 연구 결과로 설명될 수 있다. 프링스인 남성과 여성의 키의 평균이 각각 1.78m, 1.66m인 반면, 본 연구의 남성과 여성의 키의 평균은 각각 1.71m, 1.58m이었다. 따라서 한국인의 보행간격과 보행속도가 서구인보다 작은 이유는 한국인의 키가 상대적으로 작기 때문으로 생각할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 보행간격과 보행속도를 신장을 기준으로 표준화하지 않았기 때문에 이에 대한 차후 연구가 필요하다.

본 연구의 관절 각운동 변화 유형과 편위는 Kadaba et al.(1990)의 연구 결과와 일치하였다. 그러나 Cho et al.(2004)과 Benedetti et al.(1998)의 몇몇 각운동 편위는 본 연구 결과보다 확연히 크게 나타났다. Cho et al.의 엉덩 관절의 회전과 무릎 관절의 내반/외반의 편위들은 본 연구 결과보다 각각 두 배 정도 컸다. 또한 Benedetti et al.의 골반 기울어짐과 경사 그리고 무릎 관절의 굽힘/폄 편위 역시 본 연구 결과와 큰 차이를 보였다(표 6 참조).

관절의 각운동 범위(최소값 ~ 최대값)는 편위에 비해서 상대적으로 연구 간에 큰 차이를 보이고 있었다. 각운동 범위가 큰 차이를 보이는 이유는 동작측정 시 인체에 붙이는 마커의 부착 방법이 서로 다르고 동작측정을 위해 사용된 해부학적 지표(anatomical landmark)의 위치가 실험자마다 다르게 파악되기 때문으로 여겨진다. 마커 부착 방법 측면에서 본 연구와 Kadaba et al.(1990)은 공통적으로 Helen Hayes Marker Set을 사용하였으나, Benedetti et al.(1998)은 두 개의 마커가 부착된 포인터를 사용하여 해부학적 지표의 위치를 파악하는 CAST(Calibrated Analysis System Technique)을 사용하였다. 또한 Della Croce et al.(1997)에 의하면 해부학적 지표 위치 파악에서 발생하는 실험자들 간의 편차는 13~20mm 정도인 것으로 알려져 있다. 따라서 위 연구들에서 하지의 해부학적 좌표계 설정을 위해 사용된 해부학적 지표들은 같았으나, 파악된 해부학적 지표의 위치는 실험자들 간에 정확히 일치하지 않을 것이므로 관절 각운동 범위에 차이를 보인 것으로 생각된다.

본 연구와 Moiso et al.(2003)의 비교 결과, 한국인의 무릎 관절 외반 모멘트가 더 큰 것을 알 수 있었다(표 8 참조). 이러한 한국인만의 보행특성은 좌식과 아이를 등에 업어 키우는 전통적인 문화로 인해 경골 중앙 부분이 휘게 되어 발생한 것으로 설명될 수 있다. 정강이의 중앙 부분이 휜 경골에 큰 수직 힘이 작용하게 되면, 정강이에 내반 모멘트 발생하고, 이를 상쇄하기 위하여 무릎 관절 내부에서 보다 큰 외반 모멘트가 발생할 것이다. 한국인의 측면 방향 지면반발력이 서구인을 대상으로 한 Benedetti et al.(1998)과 Wearing et al.(2000)의 연구 결과 보다 크게 나타난 점도 이를 뒷받침 해준다고 볼 수 있다(표 7 참조).

5. 결 론

본 연구는 한국인 청년층의 보행특성을 서구인과 비교하고, 고유 보행특성을 파악하였다. 시거리특성 측면에서, 한국인의 보행간격과 보행속도는 한국인의 상대적으로 작은 신장으로 인하여 서구인에 비해 작게 나타났다. 운동역학적 측면에서 한국인의 관절 모멘트는 대부분 서구인보다 작게 나타났으나, 무릎 관절의 외반 모멘트는 생활문화적 요인에 의한 경골 측면 휨으로 인해 서구인보다 크게 나타난 것으로

보인다. 그러나 운동형상학적 측면에서 본 연구와 기존 연구들 간의 관절 각운동 범위는 각각 달랐으나, 각운동 변화 유형과 편위는 서로 유사한 것으로 나타났다. 이는 관절 각운동 측면에서 한국인과 서구인의 보행특성이 비슷하기 때문으로 판단된다.

참고 문헌

Andriacchi, T. P. and Alexander, E. J., Studies of human locomotion: past and future. *Journal of Biomechanics*, 33, 1217-1224, 2000.

Auvinet, B., Berrut, G., Touzard, C., Moutel, L., Collet, N., Chaleil, D. and Barrey, E., Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait and Posture*, 16, 124-134, 2002.

Benedetti, M. G., Catani, F., Leardini, A., Pignotti., E. and Giannini., S., Data management in gait analysis for clinical applications. *Clinical Biomechanics*, 13(3), 204-215, 1998.

Cho, S. H., Park, J. M. and Kwon, O. Y., Gender differences in three dimensional gait analysis data from 98 healthy Korean adults. *Clinical Biomechanics*, 19, 145-152, 2004.

Da Costa, S. G. and Denucci, S. M., Study of the Brazilian population normal gait pattern a preliminary work, *Gait and Posture*, 2(1), 51, 1994.

Davis, R. B., Reflections on clinical gait analysis. *Journal of Electromyography Kinesiology*, 7(4), 251-257, 1997.

Della Croce, U., Cappozzo, A. and Kerrigan, D. C., Pelvis and lower limb anatomical landmark calibration precision and its propagation to bone geometry and joint angles. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 37, 155-161, 1997.

Kadaba, M. P., Ramakrishnan, H. K. and Wootten, M. E., Measurement of lower extremity kinematic during level walking. *Journal of Orthopaedic Reasearch*, 8, 383-392, 1989.

Korean Agency for Technology and Standards., Korean anthropometric data of Size Korea. Retrieved January 23, 2005, from http://sizekorea.ats.go.kr/01_Size Korea /01_SizeKoreaOutline.asp, 2004.

Moisio, K. C., Sumner, D. R., Shott, S. and Hurwitz, D.E., Normalization of joint moments during gait: a comparison of two techniques. *Journal of Biomechanics*, 36, 599-603, 2003.

Pierrynowski, M. R. and Galea, V., Enhancing the ability of gait analyses to differentiate between groups: scaling gait data to body size. *Gait and Posture*, 13, 193-201, 2001.

Saud, A., James, C. W., Alia, A. and Muneera, A., Basic gait parameters: A comparison of reference data for normal subject 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(4), 361-366, 2003.

Schutte, L. M., Narayanan, U., Stout, J. L., Selber, P. and Gage, J. R., An index for quantifying deviations from normal gait. *Gait and Posture*, 11, 25-31, 2000.

Wearing, S. C., Urry, S. R. and Smeathers, J. E., The effect of visual targeting on ground reaction force and temporal parameters of gait. *Clinical Biomechanics*, 15, 583-591, 2000.

Whittle, W. M., Gait Analysis: an introduction, Third edition, Butterworth-Heinemann: Edinburgh, 1996.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 임 완 수 ❖ wansoo80.lim@samsung.com
포항공과대학교 산업경영공학과 석사
현 재: 삼성전자 무선통신사업부 연구원
주요 관심분야: UI 설계, HCI, 제품디자인

❖ 류 태 범 ❖ tbryu@postech.ac.kr
포항공과대학교 산업공학과 석사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 박사 과정
주요 관심분야: 보행분석, 동작분석, 인체측정

❖ 최 훈 우 ❖ husky@lge.com
포항공과대학교 산업공학과 석사
현 재: LG전자 MC사업본부 연구원
주요 관심분야: UI 설계, HCI, 인체역학

❖ 최 화 순 ❖ hschoidr@postech.ac.kr
Georgia Institute of Technology 기계공학과 박사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 연구교수
주요 관심분야: 인체역학, 의공학, 재활공학

❖ 정 민 근 ❖ mkc@postech.ac.kr
Univ. of Michigan 산업공학과 박사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 교수
주요 관심분야: 산업안전, 인체역학, 응용통계/실험계획

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2005년 11월 01일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 04월 20일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 04월 28일