

하이힐 보행이 비만여성의 슬관절에 미치는 영향

장윤희

삼육대학교 물리치료학과, 재활공학연구소

이완희

삼육대학교 물리치료학과, 한국낙상예방연구소

Abstract

Influence of Walking With High-Heeled Shoes on the Knee Joint of Obese Women

Yun-hee Chang, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Samyook University, Korea Orthopedics & Rehabilitation Engineering Center

Wan-hee Lee, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Samyook University, Korea Falls Prevention Institute

The purpose of this study was to determine the influence of high-heeled shoes on walking of obese women as it was already proven an extrinsic factor of knee osteoarthritis in women with normal weight. In this study the aimed therefore in particular was to utilize high-heeled shoes in proving it's causal influence on knee osteoarthritis by measuring the angle and torque of the knee joint. Fifteen obese women (BMI>25 kg/m²) were measured in their twenties. Each angle and torque of their knee joints during walking on 6.5 cm high-heeled shoes and with a bare feet, were compared with each other and analyzed with a 3D motion analysis system. There was no significant difference in walking speed, cadence and stride length between the two conditions. However, there was a significant increase in a double limb support time and the stance phase when walking on high-heeled shoes as when walking with bare feet. The peak knee flexion angle and peak knee varus torque was higher when walking on high-heeled shoes than with bare feet. On the contrary, the peak knee flexion angle in the swing phase was not statistically different. The prolongation of peak knee varus torque was also proven. There was a significant increase in peak knee varus torque in the initial and last stance phases during walking on high-heeled shoes as compared to walking on bare feet. Through the above results, it was proven that when obese women walked on high-heeled shoes, rather than with bare feet, peak knee flexor and varus torque increased along with the changes of the in knee joint angle. Therefore, the influence of high-heeled shoes might be a significant intrinsic factor in knee osteoarthritis of obese women.

Key Words: High-heeled shoes; Knee varus torque; Obese women; Osteoarthritis.

I. 서론

골관절염(osteoarthritis)은 인체에서 가장 흔한 형태의 관절염이며, 그 중 슬골관절염은 일상생활동작 및 보행 장애의 주된 원인이다(Kerrigan 등, 2005). 미국에서 슬관절 또는 고관절의 골관절염 때문에 침상에서 욕

조까지 독립보행이 불가능한 환자는 약 10만 명에 이른다고 하며(Brandt, 1998), 국내에서의 정확한 통계는 산출되어 있지 않지만 미국의 통계를 적용하여 환산하면 국내에서는 약 2만 여명 정도의 환자가 중증의 보행 장애 상태에 놓여 있다고 한다(이삼규 등, 2000). 특히 슬골관절염(knee osteoarthritis)은 증상학적으로 45세에서

64세 사이의 연령층에서 25~30% 정도 발병하며, 65세 이상이 되면 60%까지 증가하는 것을 알 수 있다(Syed와 Davis, 2000). 슬골관절염의 원인은 노화 때문인 것으로 알려져 있으며(Messier, 1994), 노화는 근섬유 수와 크기의 감소로 인해 근육의 위축을 가져오게 되고, 또한 노인들의 활동성 저하는 대퇴사두근의 약화를 가져와 보행 시 슬관절의 충격을 가중시켜 슬관절의 퇴행성 변화가 일어난다고 하였다(Radin 등, 1991).

슬골관절염은 특히 비만자에 있어 높은 유병률을 나타내며 비만은 노화와 더불어 심각한 슬골관절염의 원인 인자로 알려져 있다(Felson 등, 1992; Felson, 1996; Messier, 1994). 비만이 골관절염의 주요한 원인이라고 주장된 이래 이들의 관계는 상당한 논란이 되어 왔으며, Kellgren(1961)은 하지 관절에 부하되는 과체중의 기계적인 효과가 비만자의 슬골관절염을 유발한다는 체중 부하 기전을 주장하였다. 그러나 같은 체중 부하 관절임에도 불구하고 높지 않은 유병률을 갖는 고관절염의 경우에는 체중 부하 기전을 명확히 설명하지 못하였고(Vingard, 1991), 슬골관절염과 비만의 연관성 규명을 위한 다양한 임상적 연구와 실험이 지속되어져 왔다(Acheson과 Collart, 1975; Felson 등, 1992; Felson, 1996; Goldin 등, 1976; Hochberg 등, 1993; Kellgren, 1961).

슬골관절염은 성별에 따라 유병률의 차이를 보인다. 30대 이상 성인의 6%, 65세 이상 노인의 11%에서 발병하는 슬골관절염은 남성보다 여성에게서 2배 이상의 발병률을 보인다(Felson, 1988; Felson과 Zhang, 1998). 일부 연구자들은 슬골관절염이 남성보다 여성에게 더 많이 발병하는 이유를 에스트로겐과 같은 호르몬이나 골반 각도의 차이 등이라고 주장하지만(Horton과 Hall, 1989), 슬관절을 제외한 고관절에서의 골관절염 발병률이 남녀간 유사하다는 사실은 에스트로겐이나 해부학적 구조 같은 내적 인자(intrinsic factor)만으로 여성에게 높은 발병률을 보이는 슬골관절염의 기전을 설명하기엔 충분하지 못하였다(Lawrence 등, 1998). 따라서 연구자들은 남녀간 슬골관절염의 발병률의 차이를 규명하기 위해 다양한 측면에서의 연구를 하였으며, Kerrigan 등(2000)은 동역학적인 측면의 보행 분석을 통해 남녀간에 슬관절 염력의 차이가 없음을 입증함으로써 남녀간 해부학적 구조의 차이가 원인이 아니라는 것을 증명하였다. 따라서 최근 연구자들은 내적 인자보다는 신발이나 활동 형태, 체중과 같은

외적 인자(extrinsic factor)가 여성들의 슬골관절염에 더 많은 영향을 미칠 것이라고 주장하고 있다(Kerrigan 등, 2000; Syed와 Davis, 2000).

Kerrigan 등(1998)은 여성에게서 높은 슬골관절염의 원인을 규명하기 위해 외적 인자 중 여성들이 많이 착용하는 하이힐이 슬관절 염력(torque)을 증가시키며 이는 슬관절의 퇴행성 변화와 관련이 있음을 입증하였다. 또한 비만과 슬골관절염의 연관성에 대해 시사하였으며 비만 여성의 보행 중 외적인자가 슬관절에 미치는 영향에 대한 연구를 제안하기도 하였다(Kerrigan 등, 2000). 비만자의 보행에 대한 평가는 초기에는 보행의 선형적 지표나 운동 형상학적인 측면에서의 분석만이 이루어졌으며 동역학적인 측면에서의 분석은 미흡한 실정이다(DeVita와 Hortobagyi, 2003). 대부분의 연구자들은 비만자의 과도한 체중이 슬관절의 염력을 증가시킬 것이라고 주장하였지만(Felson, 1988; Felson과 Zhang, 1998; Hochberg 등, 1995; Korner와 Eberle, 2001), 일부 연구자들은 비만자들의 보행 속도 및 한걸음 길이 감소, 양하지 지지기 증가로 인해 오히려 슬관절의 염력을 감소시킬 것이라는 상반된 주장을 하기도 하였다(McGraw 등, 2000; Messier, 1994; Spyropoulous 등, 1991). DeVita와 Hortobagyi(2003)는 비만자의 동역학적인 측면을 분석한 결과 피검자의 편안한 보행 속도에서는 정상 체중자보다 슬관절의 염력이 오히려 감소하였고, 정상 체중자와 동일한 속도에서는 정상 체중자와 유사한 슬관절 염력을 나타냈다. 이러한 결과는 비만자가 보행 중 생체역학적인 변화를 일으켜 보행 시 슬관절의 염력을 증가시키지 않는다는 것을 입증하였으며, 비만자의 슬관절에 영향을 줄 수 있는 외적 인자 등이 결합된 연구의 필요성이 제기되었다(DeVita와 Hortobagyi, 2003; Kerrigan 등, 2000; Syed와 Davis, 2000).

따라서 본 연구는 슬골관절염의 높은 유병률을 보이는 비만 여성에게 있어 슬골관절염의 위험 인자로 여겨지는 하이힐 보행이 맨발 보행과 비교하여 슬관절에 미치는 영향 정도를 알아보고자 하며, 정상 체중의 여성에게서는 이미 입증된 바 있는 슬골관절염과의 단면적 연관성을 확인하고자 한다. 또한 슬골관절염 환자나 비만자를 위한 재활 또는 물리치료, 건강 정보 제공을 위한 교육 프로그램 등에서 슬관절에 미치는 객관적인 정보로 활용하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 안산에 위치한 A대학교 재학생 중 20대 여성을 대상으로 체질량 지수 (body mass index) 25 kg/m² 이상으로 평상시 하이힐을 착용하는 비만 여성 20명을 선정하였다. 대상자 중 최근 6개월 이내 슬관절이나 발목관절 등의 손상 또는 족부 질환으로 인해 하이힐 보행에 문제가 있는 자, 일반적인 근골격계 질환으로 인해 보행에 지장을 줄 수 있는 자는 본 실험에서 제외하였다. 대상자 20명 중 슬관절 통증으로 인해 보행이 불편한 1명과 하이힐을 착용하고 보행 시 발에 통증을 호소한 1명을 제외하였으며, 또한 본 실험에 동의하지 않은 자 3명을 제외한 15명을 재선정하였다. 이들 대상자에게 본 연구의 목적과 방법을 설명하고 연구 동의서에 서명한 후 실험을 실행하였다.

2. 측정방법 및 측정도구

가. 측정방법

연구 대상자는 비만 여성의 단일 집단이며, 하이힐을 신기 전에 맨발로 보행한 상태에서 사전 조사와 처치 6.5 cm 하이힐을 신고 보행한 사후 조사를 하여 처치 효과를 비교하였다. 연구 대상으로 선정된 비만 여성 15명은 보행하기 편안한 복장을 착용하였으며 특히 하의는 반사 마커(reflective marker)를 부착하기 위해 꼭 맞는 반바지를 착용하고 실험에 임하였다. 실험 전 인체 계측학적 변인을 측정하기 위해 신장, 체중, 발길이, 발폭을 측정하였고, 발길이는 줄자를 이용하여 측면에서 발의 가장 긴 길이를 측정하였으며, 발폭은 캘리퍼(caliper)를 이용하여 발 중 가장 넓은 곳을 수평으로 측정하였다. 보행 분석을 실시하기 전 카메라에서 발생할 수 있는 오차를 교정하기 위하여 보정(calibration)을 실시하였고, 적외선 카메라가 인식할 수 있는 지름 10 mm의 반사 마커를 인체의 해부학적 위치에 부착하였다. 반사 마커의 부착 위치는 좌우 후상 장골극의 중간지점, 좌우 전상 장골극, 좌우 대전자와 외측 대퇴관절 융기의 중간 지점, 좌우 외측 대퇴관절 융기, 좌우 내측 대퇴관절 융기, 좌우 외측 대퇴관절 융기와 족관절 외과의 중간지점, 좌우 족관절 외과, 좌우 족관절 내과,

좌우 종골의 중심, 좌우 제 2중족골두 상면에 총 19개의 마커를 부착하였다. 반사 마커 부착 후 각 관절의 위치를 Motion Analysis System의 컴퓨터 화면에서 확인하기 위해 실험실 중앙의 힘 측정판(force plate)¹⁾ 위에서 정적(static) 검사를 시행하였다. 정적 검사 후 좌우 내측 대퇴관절 융기와 좌우 족관절 내과의 반사 마커를 제거한 후 동적(dynamic) 검사를 실시하였으며, 동적 검사는 피검자의 자연스러운 보행 유도를 위해 실험실에서 충분한 보행 연습을 한 후 실시하였다. 피검자는 4개의 힘 측정판이 내장되어 있는 10 m의 지정된 보행로를 평소 걸음으로 자연스럽게 걷도록 하였으며 먼저 맨발로 3회 이상 보행하고 5분간 휴식을 취한 후 하이힐을 신고 3회 이상 보행하였다. 또한 매번 실험할 때 마다 변하는 보행 특성을 감안하여 이들에 대한 자료를 평균하여 사용하였다.

나. 측정도구

보행 분석을 위한 측정 도구는 4개의 힘 측정판, 적외선 카메라 8대, 10 mm 반사마커, CCD 카메라 2대, VCR, 데이터 처리 장치, PC 등으로 구성되어 있는 3차원 동작 분석기²⁾를 사용하였다. 모든 실험 장치는 Orthostat 6.29 data station에 연결되어 시각적으로 일체화 되도록 되어 있으며, 실험 시 측정되는 모든 데이터들은 data station을 통하여 control PC로 전달된다.

3. 분석방법

본 연구는 SPSS version 12.0을 이용하여 통계 분석을 하였다. 보행의 선형적 지표, 운동 형상학적 지표, 운동학적 지표는 평균과 표준 편차를 분석하기 위해 기술 통계를 이용하였고, 실험 전과 후의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 이용하였다. 유의 수준 $\alpha = .05$ 로 하여 통계적인 결정을 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 평균 연령은 24.1세, 평균 체중 71.7 kg, 평균 신장 160.9 cm, 평균 체질량 지수는 27.7 kg/m²의 경도 비만이다(표 1).

1) Piezoelectric force plate, 600×900, Kistler Ltd., Winterhur, Swiss.

2) Orthostat 6.29, Motion Analysis Ltd., U.S.A., 2005.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=15)

항 목	평균±표준편차
연령(세)	24.1±3.30
신장(cm)	160.9±6.98
체중(kg)	71.7±7.72
체질량지수(kg/m ²)	27.7±2.02

2. 보행의 선형적 지표 변화

맨발 보행과 하이힐 보행에 대한 선형적 지표는 다음과 같다(표 2). 보행속도는 맨발 보행이 1.17%, 하이힐 보행이 1.16%로 .85% 감소하였지만 통계학적으로 유의하지 않았다(p=.783). 양하지 지지기는 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 오른쪽과 왼쪽이 각각 4.59%씩 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(22.67%Cycle vs 27.26%Cycle, p=.000). 입각기는 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 오른쪽이 2.57%, 왼쪽이 3.99%씩 각각 증가하였으며 이는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(오른쪽 61.93%Cycle, 63.52%Cycle, p=.004; 왼쪽 61.01%Cycle, 63.39%Cycle, p=.001).

3. 슬관절의 운동형상학적 지표 변화

가. 슬관절 굴곡-신전 각도

맨발 보행과 하이힐 보행 시 슬관절 굴곡-신전 각도는 다음과 같다(표 3). 초기 입각기 슬관절 최대 굴곡 각도는

맨발 보행 시 오른쪽 16.13°, 왼쪽 15.7°, 하이힐 보행 시 오른쪽 20.7°, 왼쪽 21.36°이다. 맨발 보행과 하이힐 보행의 차이를 비교하기 위해 대응 표본 t-검정을 실시한 결과 오른쪽, 왼쪽 각각 p=.000으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 유각기 슬관절 최대 굴곡 각도는 오른쪽, 왼쪽이 맨발 보행과 하이힐 보행 시 차이를 보였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다(오른쪽 60.92°, 63.03°, p=.235; 왼쪽 61.8°, 62.16°, p=.882).

나. 슬관절 내반-외반 각도

맨발 보행과 하이힐 보행 시 슬관절 내반-외반 각도는 다음과 같다(표 4). 초기 유각기 슬관절 최대 내반 각도는 맨발 보행 시 오른쪽 4.59°, 왼쪽 3.40°, 하이힐 보행 시 오른쪽 3.61°, 왼쪽 2.76°로 나타났으며, 하이힐 보행 시 맨발 보행보다 오른쪽 .98°, 왼쪽 .64°로 슬관절 각도의 감소를 나타냈지만 통계학적으로 유의하지는 않았다(오른쪽 p=.488, 왼쪽 p=.590). 또한 맨발과 하이힐 보행 시 초기 입각기와 말기 유각기 슬관절 최대 외반 각도의 차이도 통계학적으로 유의하지 않았다.

4. 슬관절의 운동학적 지표 변화

가. 슬관절 굴곡-신전 영역

맨발 보행과 하이힐 보행 시 슬관절 굴곡-신전 영역

표 2. 보행의 선형적 지표 (N=15)

변수	맨발 보행		하이힐보행		p
	평균±표준편차		평균±표준편차		
속도(%)	1.17±6.14		1.16±9.47		.783
분속수(steps/min)	113.59±4.33		113.27±4.78		.783
한걸음 길이(m)	1.25±5.11		1.24±5.95		.558
보폭(m)	.12±2.67		.12±2.19		.368
한발짝 길이(m)	오른쪽	.62±3.18	오른쪽	.63±3.81	.801
	왼쪽	.63±2.25	왼쪽	.62±3.91	.187
단하지 지지기(%Cycle)	오른쪽	39.64±1.55	오른쪽	36.61±1.90	.001
	왼쪽	38.59±.93	왼쪽	36.48±2.21	.002
양하지 지지기(%Cycle)	오른쪽	22.67±2.04	오른쪽	27.26±3.49	.000
	왼쪽	22.67±2.04	왼쪽	27.26±3.49	.000
입각기(%Cycle)	오른쪽	61.93±1.13	오른쪽	63.52±2.21	.004
	왼쪽	61.01±1.36	왼쪽	63.39±1.89	.001
유각기(%Cycle)	오른쪽	38.59±.93	오른쪽	36.48±2.21	.002
	왼쪽	39.65±1.52	왼쪽	36.61±1.89	.000

표 3. 슬관절 굴곡-신전 각도 (N=15)

변수		맨발보행		p
		평균±표준편차	하이힐보행 평균±표준편차	
초기 입각기 최대 굴곡 각도(°)	오른쪽	16.13±2.46	20.70±3.49	.000
	왼쪽	15.70±4.03	21.36±3.50	.000
유각기 최대 굴곡 각도(°)	오른쪽	60.92±3.97	63.03±6.37	.235
	왼쪽	61.80±4.07	62.16±7.00	.882

표 4. 슬관절 내반-외반 각도 (N=15)

변수		맨발보행		p
		평균±표준편차	하이힐보행 평균±표준편차	
초기 입각기 최대 외반 각도(°)	오른쪽	-3.22±2.50	-3.25±3.21	.962
	왼쪽	-3.24±3.48	-3.29±3.63	.961
초기 유각기 최대 내반 각도(°)	오른쪽	4.59±4.16	3.61±5.18	.488
	왼쪽	3.40±5.06	2.76±4.96	.590
말기 유각기 최대 외반 각도(°)	오른쪽	-3.47±2.89	-3.57±5.00	.953
	왼쪽	-2.98±2.27	-3.42±4.01	.647

표 5. 슬관절 굴곡-신전 염력 (N=15)

변수		맨발보행		p
		평균±표준편차	하이힐보행 평균±표준편차	
초기 입각기 최대 굴곡 염력(Nm/kg)	오른쪽	-.01±.11	.15±.21	.022
	왼쪽	.01±.12	.16±.20	.045
초기 입각기 굴곡 염력의 지연(%Cycle)	오른쪽	16.33±4.15	32.53±5.76	.000
	왼쪽	16.33±4.15	32.53±5.76	.000

표 6. 슬관절 내반-외반 염력 (N=15)

변수		맨발보행		p
		평균±표준편차	하이힐보행 평균±표준편차	
초기 입각기 최대 내반 염력(Nm/kg)	오른쪽	.40±.11	.67±.15	.000
	왼쪽	.41±.12	.64±.19	.000
말기 입각기 최대 내반 염력(Nm/kg)	오른쪽	.32±.13	.55±.85	.000
	왼쪽	.33±.14	.52±.11	.000

은 다음과 같다(표 5). 초기 입각기 슬관절 최대 굴곡 염력은 맨발 보행 시 오른쪽 -.01 Nm/kg, 왼쪽 .01 Nm/kg 이며 하이힐 보행 시 오른쪽 .15 Nm/kg, 왼쪽 .16 Nm/kg 으로 하이힐 보행에서 오른쪽, 왼쪽 모두 염력의 증가를 보였으며 이는 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(오른쪽 p=.022, 왼쪽 p=.045). 초기 입각기 굴곡 염력의 지연(prolongation) 정도는 하이힐 보행 시 맨발 보행보다

오른쪽, 왼쪽 모두 16.2%의 지연을 나타냈으며 p=.000을 나타내어 통계학적으로도 유의한 차이를 보였다.

나. 슬관절 내반-외반 염력

맨발 보행과 하이힐 보행 시 슬관절 내반-외반 염력은 다음과 같다(표 6). 초기 입각기 슬관절 최대 내반 염력은 맨발 보행 시 오른쪽 .40 Nm/kg, 왼쪽 .41 Nm/

kg이며 하이힐 보행 시 오른쪽 .67 Nm/kg, 왼쪽 .64 Nm/kg으로 나타났다. 이는 하이힐 보행에서 오른쪽, 왼쪽 각각 27%, 23%의 증가를 보였으며 $p=.000$ 으로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다. 말기 입각기 슬관절 최대 내반 압력은 초기 입각기와 같이 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 오른쪽, 왼쪽 모두 증가하였으며 통계학적으로도 유의한 차이를 나타냈다(오른쪽 .32 Nm/kg vs .55 Nm/kg, $p=.000$; 왼쪽 .33 Nm/kg vs .52 Nm/kg, $p=.000$).

IV. 고찰

슬관절염은 일상 생활 동작 및 보행 장애의 주된 원인이다(Brandt, 1998). 비만 여성에게 높은 유병률을 보이는 슬관절염은 하지관절에 부하되는 과체중의 기계적 효과가 슬관절염을 유발한다고 하였지만(Kellgren, 1961), 이러한 사실만으로 슬관절염의 기전을 설명하기엔 충분하지 못하였다. 많은 연구자들은 슬관절염의 기전을 설명하기 위해 다양한 연구를 하였으며(Davis 등, 1990; Felson 등, 1992; Hochberg 등, 1995), 비만자의 보행 분석 등을 통하여 정상 체중자와의 차이를 규명하고자 하였다(McGraw 등, 2000; Sharma 등, 2000; Spyropoulos 등, 1991). 그러나 동역학적인 보행 분석 결과 비만자의 과도한 체중은 슬관절의 압력을 증가시키지 않았고(DeVita와 Hortobagyi, 2003), 이에 비만자의 보행 중 슬관절에 영향을 줄 수 있는 외적 인자 등이 결합된 연구의 필요성이 강조되었다(DeVita와 Hortobagyi, 2003; Syed와 Davis, 2000). 따라서 본 연구는 일반적으로 여성의 슬관절염의 위험 인자로 알려진 하이힐을 비만 여성이 신고 보행할 경우 슬관절의 각도 및 압력을 측정하여 외적 인자가 비만 여성의 슬관절에 미치는 영향 정도를 규명하고자 하였다.

본 연구 결과 비만 여성의 맨발 보행 시 속도는 1.17 m/s, 분속수 113.59 steps/min, 한걸음 길이 1.25 m, 보폭 .12 m이며 하이힐 보행 시 보행 속도 1.16 m/s, 분속수 113.27 steps/min, 한걸음 길이 1.24 m, 보폭 .12 m로 맨발 보행과 하이힐 보행의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다($p<.05$). 안창식과 정석(2001)의 연구 결과에서 젊은 성인 여자를 대상으로 3차원 동작 분석을 한 결과 보행 속도는 1.27 m/s로 나타났으며 본 연구의 비만 여성의 보행 속도보다 빠른 속도를 나타내었다. 이는 사전 연구에서 비만자의 보행 속도는 정상 체중자에

비해 느리다는 결과와 일치하며(Hooper, 2005; McGraw 등, 2000; Meissier, 1994; Meissier 등, 1996; Spyropoulos 등, 1991), 보행 속도는 슬관절에 가해지는 충격력과 관련이 높으므로 비만 여성의 과도한 체중으로 인한 충격의 증가를 보행 속도의 감소를 통해 완화시킨 것으로 보인다.

비만 여성의 맨발 보행 시 한걸음 길이는 1.24 m로 안창식과 정석(2001)의 연구에서 보여준 $1.30 \text{ m} \pm 12\%$ 보다 감소하였으며, 이는 사전 연구에서 비만자는 정상 체중자보다 짧은 한걸음 길이를 갖는다는 결과와 일치하며(Hooper, 2005; McGraw 등, 2000; Meissier, 1994; Meissier 등, 1996; Spyropoulos 등, 1991), 보행 속도의 감소가 한걸음 길이의 감소를 가져온 것으로 보인다(Lelas 등, 2003). 비만자의 하이힐 보행 시 양하지 지지기 및 입각기는 맨발 보행보다 유의한 증가를 보였으며($p=.000$, $p=.004$), 이러한 증가는 Opila-Correia(1990)의 연구에서 하이힐 보행은 증가된 입각기와 양하지 지지기를 가진다는 결론과 일치한다. 하이힐 보행 시 맨발 보행보다 입각기와 양하지 지지기가 증가하는 것은 하이힐로 인해 발목이 족저굴곡된 상태에서 보행 시 몸의 전방 진행과 안정성 확보를 위해 지면에 발이 닿아 있는 시간이 증가한 것으로 보인다.

슬관절의 운동 형상학적 지표 중 초기 입각기 슬관절 굴곡 각도는 맨발 보행 시 오른쪽 16.13° 왼쪽 15.7°, 하이힐 보행 시 오른쪽 20.7° 왼쪽 21.36°로 유의한 증가를 보였다($p=.000$). 이는 Kerrigan 등(1998)의 연구에서 맨발 보행 시 19.7°, 하이힐 보행 시 22.6°로 증가한 결과와 유사하며, 하이힐 보행 시 입각기 슬관절 굴곡 각도의 증가는 슬관절 굴곡근 압력의 증가와 연관성이 깊은 것으로 알려져 있다(Kerrigan, 2005). 또한 유각기 슬관절 최대 굴곡 각도는 맨발 보행 시 오른쪽 60.92° 왼쪽 61.8°, 하이힐 보행 시 오른쪽 63.03° 왼쪽 62.16°로 수치는 증가하였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다($p<.05$). 안창식과 정석(2001)의 연구에서 슬관절 최대 굴곡 각도는 $55.49^\circ \pm 5.12$ 이며, 권도윤 등(1998)의 연구에서는 56.97°로 본 연구보다 유각기 평균 슬관절 각도가 작은 것을 알 수 있었다.

하이힐 보행의 가장 특징적인 형태 중 하나는 발목의 과도한 족저굴곡으로 인해 발목의 정상적인 기능이 변화하게 되고 이는 보행의 진행과 보행 중 안정성 유지를 위해 고관절과 슬관절에서 보상작용이 일어난다는 것이다(Kerrigan 등, 1998). 이러한 보상 작용으로 인해

보행 시 슬관절의 염력이 정상보다 과도하게 증가하고 이는 슬관절의 통증과 퇴행성 변화를 일으키게 되는 원인이 된다(Kerrigan 등, 2005).

슬관절의 운동학적 지표 중 비만 여성의 초기 입각기 최대 굴곡 염력은 하이힐 보행 시 오른쪽 .15 Nm/kg, 왼쪽 .16 Nm/kg로 맨발 보행 시 오른쪽 -.01 Nm/kg, 왼쪽 .01 Nm/kg보다 유의한 증가를 보였다($p=.022$). 이는 Kerrigan 등(2001)의 연구에서 맨발 보행 시 .23 Nm/kg, 하이힐 보행 시 .35 Nm/kg로 하이힐 보행 시 유의한 증가를 보인 결과와 일치함을 알 수 있다. 일반적으로 슬관절 염력은 입각기 초기에는 굴곡 정점(flexor peak)을 나타내며 입각기 말기로 진행되면서 신전 모멘트(extensor moment)로 전환된다. Whittle(1996)은 초기 접지기 때 슬관절이 과신전되는 것을 막기 위해 슬괘근(hamstring)이 수축하면서 발바닥 접지기 직전의 짧은 시간동안 굴곡 정점이 일어나며, 발가락 들림기 직전에 모멘트가 다시 바뀌어 대퇴사두근의 수축에 의해 초기 유각기에서 신전 모멘트가 나타난다고 하였다. 입각기의 슬관절 굴곡 염력의 증가는 대퇴사두근이 과도하게 일한다는 것을 의미하며, 이는 슬개건의 긴장(strain)을 유도하고 슬개대퇴관절의 압박력을 증가시켜 결과적으로 슬개대퇴관절에 퇴행성 변화를 일으킨다고 한다(Kerrigan 등, 2000). 굴곡 염력이 나타나는 시간은 맨발 보행 시 입각기의 16.33%Cycle, 하이힐 보행 시 32.53%Cycle에서 나타나므로 굴곡 염력이 나타나는 시간도 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 지연되어 나타나는 것을 알 수 있다($p=.000$). 이는 Kerrigan 등(2005)의 연구에서 굴곡 염력이 맨발 보행 26%Cycle, 하이힐 보행 31%Cycle로 하이힐 보행 시 굴곡 염력이 지연되어 나타난 결과와 유사하며, 굴곡 염력의 지연은 굴곡 염력의 최고값의 증가와 함께 대퇴사두근의 과도한 사용과 연관이 있음을 알 수 있다. 굴곡 염력은 초기 입각기에 작용하고 중간 입각기로 진행되면서 신전 염력으로 전환된다. 그러나 신전근이 작용해야 될 시기에 굴곡근이 작용을 하게 되므로 대퇴사두근의 과도한 긴장력을 형성하게 되고 이는 대퇴사두근건의 긴장과 슬개대퇴관절의 압박력을 형성하여 결과적으로 슬관절의 퇴행을 유도하게 된다(Kerrigan 등, 2005).

슬관절의 운동학적 지표 중 내반 염력(varus torque)은 초기와 말기 입각기에 두 개의 정점을 형성한다. 비만 여성의 맨발 보행 시 초기 입각기 내반 염력은 오른쪽 .40 Nm/kg, 왼쪽 .41 Nm/kg, 하이힐 보행 시 오른쪽 .67 Nm/kg, 왼쪽 .64 Nm/kg로 하이힐 보행 시 유의한 증가

를 보였다($p=.000$). 말기 입각기 내반 염력은 초기 입각기보다는 작은 값을 나타내며, 맨발 보행 시 오른쪽 .32 Nm/kg, 왼쪽 .33 Nm/kg, 하이힐 보행 시 오른쪽 .55 Nm/kg, 왼쪽 .52 Nm/kg로 유의한 증가를 보였다($p=.000$). Kerrigan 등(1998)의 연구에서 하이힐 보행 시 맨발 보행보다 내반 염력이 증가한 결과와 유사한 것을 알 수 있다. 슬관절 내반 염력의 증가는 슬관절 내측면의 과도한 압박력 형성을 의미하며, 슬골관절염의 가장 호발 부위인 대퇴골관절의 내측면의 염력의 증가라는 점에서 중요한 의미를 가진다(Kerrigan 등, 1998; 2001; 2005).

본 연구 결과는 정상 체중 여성의 하이힐 보행과 마찬가지로 비만 여성의 하이힐 보행에서도 슬관절의 굴곡 및 내반 염력의 증가를 보였으며, 증가하는 형태도 정상 체중 여성과 유사한 형태를 보였다. DeVita와 Hortobagyi(2003)의 선행 연구에서 비만자의 보행 자체는 슬관절의 염력을 증가시키지 않았지만, 외적 인자의 영향을 확인하고자 한 본 연구에서는 하이힐 보행 시 슬관절 염력의 증가를 보였다. 따라서 하이힐 보행은 정상 체중자 뿐만 아니라 비만 여성에게도 슬관절의 염력을 증가시키므로 신발을 선택함에 있어 신발 굽 높이를 반드시 고려해야 하며, 슬골관절염 환자나 비만자는 신발 선택에 있어 전문가의 조언을 따라야 한다. 향후 연구에서는 다양한 체질량 지수 및 굽 높이, 연령 간의 비교 연구, 슬관절에 영향을 미칠 수 있는 다른 외적 요인들이 결합된 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결론

본 연구는 비만 여성에게 높은 유병률을 보이는 슬골관절염의 위험 인자를 밝히기 위해 외적 인자 중 하이힐이 비만 여성의 슬관절에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구 대상자는 안산에 위치한 A대학교 재학생 중 20대 여성을 대상으로 체질량지수 25 kg/m^2 이상인 비만 여성 15명을 대상으로 실험을 실시하였다. 맨발과 하이힐을 착용한 두 가지 상태에서 실험을 하였으며 맨발 보행과 하이힐 보행 시 차이를 비교하기 위해 3차원 동작 분석 시스템을 사용하여 분석하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 보행의 선형적 지표 중 속도, 분속수, 한 발짝 길이, 보폭은 맨발과 하이힐 보행 시 유의한 차이가 없었

으며, 양하지 지지기, 입각기는 하이힐 보행 시 맨발 보행보다 유의한 증가를 보였다($p < .05$).

2. 초기 입각기 슬관절의 최대 굴곡 각도는 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 유의한 증가를 보였으며($p < .05$), 유각기 슬관절의 최대 굴곡 각도는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

3. 초기 입각기 슬관절의 최대 굴곡 염력은 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 유의한 증가를 나타냈으며, 굴곡 염력이 나타나는 시간 또한 지연되어 나타남을 알 수 있었다($p < .05$).

4. 초기와 말기 입각기의 슬관절 최대 내반 염력은 맨발 보행보다 하이힐 보행 시 유의한 증가를 보였다($p < .05$).

연구 결과, 하이힐 보행은 정상 체중 여성의 슬관절 염력의 증가뿐 아니라 비만 여성의 슬관절 염력도 증가시켜 슬관절의 퇴행성 변화와 연관성이 있는 것으로 보인다. 본 연구는 슬관절염의 높은 유병률을 보이는 비만 여성의 외적 인자인 하이힐 보행이 슬관절에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 다음 연구에서는 슬관절에 영향을 미칠 수 있는 다른 외적 요인들이 결합된 연구가 필요하리라 생각된다.

인용문헌

- 권도윤, 성인영, 유종윤 등. 한국 성인의 3차원적 보행 분석. 대한재활의학회지. 1998;22(5):1107-1113.
- 안창식, 정석. 20대 정상 성인의 남·여 보행 분석 연구. 대한물리치료사학회지. 2001;8(2):27-31.
- 이삼규, 선광진, 한승상 등. 일부 농촌 지역 주민에서의 비만과 슬관절염과의 연관성. 대한재활의학회지. 2000;24(1):146-153.
- Acheson RM, Collart AB. New haven survey of joint diseases. XVII. Relationship between some systemic characteristics and osteoarthritis in a general population. Ann Rheum Dis. 1975;34(5):379.
- Brandt KD. Osteoarthritis. In: Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, et al, eds. Harrison's Principles of Internal Medicine. 14th ed. New York, McGraw-Hill, 1998:1935-1941.
- Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM. Obesity and osteoarthritis of the knee: Evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I). Semin Arthritis Rheum. 1990;20(3 suppl 1):34-41.
- DeVita P, Hortobagyi T. Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. J Biomech. 2003;36(a):1355-1362.
- Felson DT. Epidemiology of hip and knee osteoarthritis. Epidemiol Rev. 1988;10:1-28.
- Felson DT, Zhang Y, Anthony JM, et al. Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study. Ann Intern Med. 1992;116(7):535-539.
- Felson DT. Does excess weight cause osteoarthritis and, if so, why? Ann Rheum Dis. 1996;55(9):668-670.
- Felson DT. Weight and osteoarthritis. Am J clin Nutr. 1996;63(3 suppl):430s-432s.
- Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. Arthritis Rheum. 1998;41(8):1343-1355.
- Goldin RH, McAdam L, Louis JS, et al. Clinical and radiological survey of the incidence of osteoarthritis among obese patients. Ann Rheum Dis. 1976;35(4):349-353.
- Hochberg MC, Lethbridge-Cejku M, Scott WW, et al. Obesity and Osteoarthritis of the hands in women. Osteoarthritis Cartilage. 1993;1(2):129-135.
- Hochberg MC, Lethbridge-Cejku M, Scott WW, et al. The association of body weight, body fatness and body fat distribution with osteoarthritis of the knee: Data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. J Rheumatol. 1995;22(3):488-493.
- Hooper MM. Obesity and osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2005;13(1):S5-S6.
- Horton MG, Hall TL. Quadriceps femoris muscle angle: Normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. Phys Ther. 1989;69(11):897-901.
- Kellgren JH. Osteoarthritis in patients and populations. Br Med J. 1961;2(5243):1-6.
- Kerrigan DC, Todd MK, Riley PO. Knee osteoarthritis and high-heeled shoes. Lancet.

- 1998;351(9113):1399-1401.
- Kerrigan DC, Riley PO, Nieto TJ, et al. Knee joint torques: A comparison between women and men during barefoot walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(9):1162-1165.
- Kerrigan DC, Lelas JL, Karvosky ME. Women's shoes and knee osteoarthritis. *Lancet.* 2001;357(9262):1097-1098.
- Kerrigan DC, Johansson JL, Bryant MG, et al. Moderate-heeled shoes and knee joint torques relevant to the development and progression of knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(5):871-875.
- Komer J, Eberle MA. An update on the science and therapy of obesity and its relationship to osteoarthritis. *Curr Rheumatol Rep.* 2001;3(2):101-106.
- Lawrence RC, Helmick CG, Arnett FC, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorders in the United States. *Arthritis Rheum.* 1998;41(5):778-799.
- Lelas JL, Merriman GJ, Riley PO, et al. Predicting peak kinematic and kinetic parameters from gait speed. *Gait Posture.* 2003;17(2):106-112.
- McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, et al. Gait and postural stability in obese and non-obese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(4):484-489.
- Messier SP. Osteoarthritis of knee and associated factors of age and obesity: Effects on gait. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(12):1446-1452.
- Messier SP, Ettinger WH, Doyle TE, et al. Obesity: Effects on gait in an osteoarthritic population. *J Appl Biomech.* 1996;12:161-172.
- Opila-Correia KA. Kinematics of high-heeled gait. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(5): 304-309.
- Radin EL, Yang KH, Riegger C, et al. Relationship between lower limb dynamics and knee joint pain. *J Orthop Res.* 1991;9(3): 398-405.
- Sharma L, Lou C, Cahue S, et al. The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis: The mediating role of malalignment. *Arthr Rheum.* 2000;43(3):568-575.
- Spyropoulos P, Pisciotta JC, Pavlou KN, et al. Biomechanical gait analysis in obese men. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72(13):1065-1070.
- Sturmer T, Gunther KP, Brenner H. Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: The Ulm Osteoarthritis Study. *J Clin Epidemiol.* 2000;53(3):307-313.
- Syed IY, Davis BL. Obesity and osteoarthritis of the knee: Hypotheses concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Med Hypotheses.* 2000;54(2):182-185.
- Vingard E. Work, sports, overweight and osteoarthritis of the hip. National institute of occupational health, 1991.
- Whittle MW. *Gait Analysis: An introduction.* 2nd ed. Oxford, Butterworth-Heinmann, 1996.

논문접수일	2007년 6월 19일
논문게재승인일	2007년 8월 17일