

보행 시 비대칭성 가방 휴대가 족저압에 미치는 영향

박수진 · 이중호^{1†} · 김진상²

선린대학교 물리치료과, ¹대구대학교 대학원 재활과학과, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Effects of Asymmetric Bag Carrying during Walking on Plantar Pressure

Soo-Jin Park, PT, PhD, Jung-Ho Lee, PT, MS^{1†}, Jin-Sang Kim, D.V.M, PhD²

Department of Physical Therapy, Sunlin College,

¹Department of Rehabilitation Science, Graduate School of Daegu University,

²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Received: August 9, 2012 / Revised: September 27, 2012 / Accepted: October 15, 2012

© 2012 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of the present study was to examine changes caused by asymmetric bag carrying methods to carry the bag with one shoulder only to plantar pressure during walking.

METHODS: Twenty three normal adults without any gait problem participated in the present study. Experimental conditions used consisted of walking without carrying any bag(condition 1), walking wearing a bag on both shoulders (condition 2), and walking wearing a bag on the right shoulder(condition 3) and the weight of the bag was set to 15% of each subject's body weight. All the subjects were instructed to participate in all experiments under these three conditions and plantar pressures were measured from the subjects' right and left feet using an F-scan system while the subjects were

walking under the three conditions. To analyze the measured plantar pressure, the sole was divided into seven areas (Hallux, Toe, Met1, Met23, Met45, Mid foot and Heel) and maximum plantar pressures in individual areas were measured.

RESULTS: The results of measurement of plantar pressures under three walking conditions did not show significant changes in any areas of the left and right feet except for the mid foot area of the right foot. The asymmetry between the left and right feet was examined and the results showed significant differences only in area Met23 under condition 2 and did not show significant differences in any other areas.

CONCLUSION: On comprehensively considering the results of the present study, it could be seen that asymmetric bag carrying did not have large effects on changes in plantar pressure during walking compared to symmetric carrying. The reason for this is considered to be posture adjusting mechanisms against load positions.

Key Words: Asymmetric, Bag carrying methods, Plantar pressure

†Corresponding Author : ljhcivapt@naver.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

일반적으로 정상적인 보행은 팔과 다리가 조화롭게 움직이면서 체중심이 상·하, 좌·우, 직선 방향을 따라 규칙적이면서도 대칭적으로 부드럽게 진행된다(Hong 등, 1998; Crowe와 Samson, 1997). 그러나 가방을 메고 보행을 할 경우 가방의 무게와 휴대 방식, 가방의 위치, 가방 무게의 분산 정도가 자세와 보행 패턴에 많은 영향을 미치게 되는데(Macias 등, 2008), 인체 분절이 가방 무게에 의한 역학적, 생리학적인 영향에 대해 자세 평형을 유지하기 위해 비정상적인 자세로 재정렬된다(Oh와 Choi, 2007; Jo, 2001; Stuempfle 등, 2004).

Chow 등(2005)은 정상적인 자세를 유지할 수 있는 가방 무게의 한계를 체중의 10% 이하라고 제시하였는데, Weir(2002)의 연구를 결과를 볼 때 가방 무게가 체중의 10~15% 이상일 경우 가방 무게에 의한 스트레스로 인해 상체의 전방굴곡이 증가하고, 요추의 앞굽이와 흉추의 뒤굽이가 감소하는 변형이 나타난다고 하였다.

가방을 메는 방법에 따라서는 가방을 한쪽 어깨에 멜 경우 가방을 휴대하지 않거나 배낭 형태의 가방을 양쪽 어깨에 메는 경우 보다 가방을 메는 쪽 어깨의 올림(elevation)이 더 크게 일어나고, 척추에서 반대쪽으로는 가쪽 굽힘(lateral flexion)이 증가하게 되며, 머리의 전방 기울기와 가쪽 굽힘, 반대쪽 상지의 외전 또한 균형을 유지하기 위한 보상 작용에 의해 더 증가하게 된다(Kim과 Shin, 1995; Matsuo 등, 2008). 이러한 자세로 인해 목 주변 근육들이 긴장되어 두통이나 목통증이 유발되고(Kim, 2006), 요추 주변의 척추기립근들의 근긴장도가 증가하여 허리나 골반에 통증이 유발될 수 있다고(Yuk 등, 2010) 선행 연구들은 제안하였다.

발에서도 조절 기전이 나타나는 것을 볼 수 있는데, 가방의 무게가 증가할수록, 부하의 위치가 비대칭일수록 보행 속도가 느려지고, 한걸음 길이(stride length)와 한발짝 길이(step length)가 짧아질 뿐만 아니라, 무게를 든 쪽 발의 접촉 시간 시간이 증가한다(Ahn, 2006; Crowe와 Samson, 1997). 또한 한발짝 너비(step width)가 넓어지고, 보행 속도와 분속수의 감소를 통해 안정감 있는 보행을 하려는 기전이 발생한다(Cho, 1998).

선행 연구에서 볼 수 있는 이러한 자세 변화는 가방에 의한 부하로 인해 체중심선이 지지면 내에서 벗어나는 것을 방지하고, 안정성을 확보하기 위한 자세 적응 기전으로 인한 것이라고 볼 수 있다(Ahn, 2006).

발은 잠을 자는 시간을 제외한 대부분의 시간동안 항상 체중 부하를 받고 있는데, 신체에 지속적인 부하가 가해질 경우 발에서는 조직에 반복적이고 과도한 압력이 가해지고, 증가된 스트레스로 인해 물집이 발생하거나 족부 궤양, 피로 골절, 중족 통증(metatarsalgia)과 같은 병변이 발생할 수 있다(Park 등, 2003; Moon 등, 1997).

Chang(2010)은 발이 신체에서 가장 원위부로, 기저면이 좁아 신체의 작은 역학적 변화에도 자세 조절에 많은 영향을 줄 수 있다고 하였다. 그리고 부하의 위치 변화에 따라 자세 조절 기전에 의해 체중심과 발에 전해지는 압력이 변화되는데, 변화된 압력으로 인한 지속적인 스트레스 때문에 발생된 피로 골절이나 편평족과 같은 변형은 닫힌 사슬 자세에서 고관절의 내회전과 요추 앞굽이 자세를 증가시키게 되고, 편측으로의 변형이 일어날 경우 척추 주변 근육의 근긴장도 증가와 함께 척추 측만증과 같은 척추 변형을 유발하여 척추 부위의 통증을 증가시킬 수 있다고 하였다. Choi(2001)은 정상인 발과 편평족, 요족을 가진 대상자들을 대상으로 발의 형태에 따른 척추의 만곡 정도를 조사한 연구를 통해, 척추의 변형이나 질환이 발의 특정 부위나 전체적인 형태, 보행을 하는 동안 발에서 보이는 패턴과도 연관성이 있다고 하였고, 척추의 변형 방향에 따라 체중을 지지하는 발에서의 변형도 예측 가능하다고 하였다.

족저압 측정은 보행 중 입각기 동안 발바닥에서의 체중 부하 분포를 확인할 수 있는 분석 방법으로, 족저압의 크기와 분포 양상은 발의 구조적 상태뿐만 아니라, 보행과 관련된 역할을 분석하는데 유용한 정보를 제공해 주는 중요한 자료라고 할 수 있다(Woo, 2001; Han 등, 1999; Hessert 등, 2005). 그동안 가방 휴대로 인해 발생하는 문제점을 분석하고 해결하기 위한 방법이 여러 선행 연구를 통해 제시되었지만, 대부분 주로 체간과 상하지의 운동면상의 변화 위주로 이루어져 온 것이 사실이고, 발에서의 변화에 대한 자료는 부족하다고 볼 수 있다. 비록 발에서의 시공간적 패턴을 분석하

고, 힘판(force plate)을 이용하여 지면 반발력을 분석한 연구는(Cottalorda 등, 2003; Crowe와 Samson, 1997; Hong과 Li, 2005) 많지만, 족저압(plantar pressure)을 분석하여 부하에 따른 보행 패턴과 자세 조절 기전을 관찰한 연구는 많지 않다.

따라서 본 연구에서는 족저압 측정 시스템인 F-scan system을 이용하여 비대칭적인 가방 휴대가 보행을 하는 동안 족저압에 어떠한 변화를 일으키는지 알아보고, 부하에 대한 자세 적응 기전에서 자세 변화와 발의 관련성에 대한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구에서는 D대학의 20대 정상 성인 남자 23명이 실험에 참가하였다. 대상자들은 정상적인 보행에 영향을 미칠 수 있는 요소가 전혀 없는 자들로, 선정 조건은 상지와 하지에 근골격계 질환이 없는 자, 척주에 병변이나 수술 과거력이 없는 자, 파행 보행과 같은 외형상 걸음걸이의 이상이 없는 자, 다리나 발의 구조적인 이상이 없는 자, 발에 티눈이나 압박종이 없는 자, 복시(diplopia)나 시야(visual field) 결손과 전정 기관 이상이 없는 자로 하였다. 그리고 가방을 메는 위치를 대상자들 모두 같은 위치로 통일하기 위해서 오른쪽 손이 우성인자로 하였다(Moon 등, 1995; Ahn, 2006).

2. 실험방법

1) 측정도구

본 연구에서는 보행 시 입각기(stance phase) 동안 발에서의 족저압을 측정하기 위해 압력 탐색 센서(insole sensor), 변환 장치(Cuff Units), 변환 장치와 컴퓨터를 연결하는 케이블(Cuff Cable), PCI Interface Board(Super Receiver), 변환 장치를 발목에 부착하기 위한 밴드(Velcro Ankle Band), 데스크탑 컴퓨터로 구성되어 있는 F-scan ver 5.83 system (Tekscan Inc, South Boston, 미국)을 이용하였다. F-scan system은 신발 안에 압력

감지 센서를 삽입해 신발과 발 사이에서 발생하는 족저압을 분석하는 장치로, 양측 발을 동시에 측정할 수 있고, 한 번에 여러 걸음을 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 발의 특정 부위만을 선택적으로 측정할 수 있다(Kim 등, 2000; Kim, 2007; Mueller와 Strube, 1996; Rosenbaum과 Becker, 1997). 압력을 감지하는 센서는 신발 크기에 맞게 잘라 신발 내에 넣을 수 있는 신발 내 삽입형(in-shoe type)으로, 960개의 압력 감지점이 5mm 간격으로 격자 형식으로 균일하게 분포되어 있는 두께 2mm의 얇고 잘 구부러지는 필름 형태로 되어 있다(Moon 등, 1995; Park 등, 2002).

신발은 종류와 굽 높이에 따른 오차를 없애기 위해 굽이 거의 없는 동일한 제품의 신발인 면실내화(태화, 한국)를 대상자들의 발에 맞는 다양한 크기로 준비하였고, 온도차에 의한 센서의 오차를 줄이기 위해 실험 전에 미리 신발 크기에 맞게 재단이 된 센서를 양측 신발 내에 삽입하여 신발 내 온도와 일치되도록 하였다.

2) 가방 휴대 방법

본 연구에서는 비대칭적인 가방 휴대에 따라 보행을 하는 동안 발바닥에서 족저압이 어떻게 변하는지 분석하기 위해서 실험 조건을 가방을 휴대하지 않고 보행(조건1), 두 개의 멜빵을 이용하는 배낭(backpack)을 양쪽 어깨에 메고 보행(조건2), 하나의 멜빵을 이용하는 어깨 가방(shoulder bag)을 한 쪽 어깨에 메고 보행(조건3)으로 구분하였다. 그리고 모든 대상자들에게 3가지 조건을 모두 적용하여 보행을 하게 한 후 족저압을 측정하였으며, 조건을 적용하는 순서는 무작위로 실시하였다. 가방의 무게는 실험 대상자 체중의 15%에 해당하는 무게를 선택하였고(Crowe와 Samson, 1997), 가방을 한 쪽으로 휴대를 하는 조건에서는 가방의 위치를 동일하게 하기 위해 가방 멜빵을 오른쪽 어깨에 위치하도록 하였다.(Kim과 Shin, 1995; Fowler 등, 2006; Hong과 Li, 2005). 가방 높이는 옆구리 장골 능선을 기준으로 하여, 조건 2에서는 가방 밑 부분(Oh와 Choi, 2007; Macias, 2008)이, 조건 3에서는 가방 상단 끝부분이 이 부위에 위치하도록 조절 하였다(Kim과 Shin, 1995).

3) 자료 수집

발바닥에서 족저압을 측정하기 위해 발바닥을 7부위로 구분하였는데, 엄지발가락(Hallux), 2~5번 발가락(Toe), 제1중족골두(Met 1), 제2,3 중족골두(Met 2,3), 제4,5 중족골두(Met 4,5), 중족부(Mid foot), 발꿈치(Heel)로 나누었으며, 각 부위의 면적은 5×5 unit로 설정하였다.

대상자들에게 양말을 신은 상태에서(Kobayashi 등, 2006) 개개인의 발에 맞는 신발을 신게 하였고, 10~20 걸음을 자유롭게 걷게 한 후(Resch 등, 1997), 제작사의 설명에 따라 1초간 보정(calibration)을 실시하였다(Mueller와 Strube, 1996). 그리고 나서 대상자들로 하여금 시선을 전방으로 향한 채 직선 보행로를 따라 평소와 같이 편안한 속도로 몇 차례 반복 보행하게 하여 자연스러운 보행이 이루어지도록 하였다. 대상자가 편안하게 보행하는 것이 확인되면, 대상자가 측정 순간을 인지하지 못하도록 측정 구간을 언급하지 않은 상태에서 처음 5 걸음 이후부터 무작위로 6초간 좌·우 양측을 합하여 10~12 걸음이 될 때까지 100Hz로 측정하였다. 보행을 하는 동안의 입각기 기간에 측정된 족저압을 자료 수집에 사용하였으며, 족저압을 좀 더 정확히 측정하기 위해 기록된 걸음의 처음과 마지막 걸음을 제외한 나머지 3~4 걸음을 선택하여 F-scan research 5.83 프로그램을 통해 발바닥의 지정된 부위에서의 족저압을 측정하여 각 부위에서의 평균 최대 족저압(peak pressure)을 산출하였다.

3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 12.0 for window version을 이용하여 조건 간의 최대 족저압의 차이를 알아보기 위해 일원 배치 분산분석(one way ANOVA)을 실시하였고, 각 조건간의 차이를 알아보기 위해 LSD 사후검정을 실시하였다. 그리고 각 조건에서 좌·우측 발 사이의 비대칭성을 알아보기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 .05로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 정상 성인 남자 23명이 참여하였고, 평균 연령은 25.04 ± 3.76 세, 신장은 평균 175.54 ± 6.05 cm 이었다. 평균 몸무게 71.61 ± 10.03 kg으로, 가방 무게를 대상자 몸무게의 15%로 정한 결과 가방의 평균 무게가 10.74 ± 1.51 이었다. 대상자들의 발 크기는 258.39 ± 11.64 cm 이고, 신발 크기는 267.17 ± 10.85 cm이었다.

2. 가방 휴대 방법에 따른 발바닥 부위 별 최대 족저압 양상

본 연구에서는 비대칭적인 가방 휴대가 보행을 하는 동안 족저압에 어떠한 변화를 유발하는지 알아보기 위해 발바닥을 7 부위로 나누어 F-Scan system을 이용해 최대 족저압을 측정 후 일원 배치 분산분석(one way ANOVA)을 실시하였으며, LSD를 통해 사후검정을 실시하였다.

1) 가방 휴대 방법에 따른 발바닥 부위별 최대 족저압 분포 변화 양상

가방 휴대 방법에 따른 보행 시 부위별 최대 족저압을 왼쪽 발과 오른쪽 발에서 각각 비교 분석하였다.

(1) 왼쪽 발

분산 분석을 실시한 결과 모든 영역에서 통계학적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p > .05$). 그리고 사후검정을 실시한 결과 다른 영역들에서는 조건 간에 유의한 차이를 보여 주지 않았지만, Met23의 경우 조건 1에 비해 조건 2에서 유의하게 증가한 것을 볼 수 있었다($p < .05$).(Table 2).

Table 1. General characteristics of subjects.

N	Age(years) (Mean±SD)	Height(cm) (Mean±SD)	Weight(kg) (Mean±SD)	Bag weight(kg) (Mean±SD)	Foot size(mm) (Mean±SD)	Shoe size(mm) (Mean±SD)
23	25.04 ± 3.76	175.54 ± 6.05	71.61 ± 10.03	10.74 ± 1.51	258.39 ± 11.64	267.17 ± 10.85

(2) 오른쪽 발

분산 분석을 실시한 결과 오른쪽 발에서는 Midfoot 영역을 제외하고, 나머지 영역에서는 모두 보행 조건에 따라 서로 유의한 차이를 보여 주지 않았다($p>.05$). 사후 검정을 실시한 결과 Midfoot 영역에서 조건 1에 비해 조건 2에서 유의한 증가를 보였고($p<.05$), 조건 3은 조건 2에 비해 유의하게 감소되었지만($p<.05$) 조건 1과는 유의하지 않은 것으로 나타났다($p>.05$). 그리고, Heel 영역에서는 조건 3이 조건 1에 비해 유의하게 증가한 것을 볼 수 있었으며($p<.05$), 이 외의 다른 영역에서는 유의

한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>.05$).(Table 2).

2) 가방 휴대 방법에 따른 최대 족저압의 좌·우 비교
가방 휴대 방법에 따른 좌·우측 발 사이의 비대칭성을 분석한 결과, 조건1에서는 수치상으로는 다소 차이가 있지만 서로 유의한 차이는 없는 것을 볼 수 있었다($p>.05$). 조건 2에서 Met23과 Mid foot 영역에서만 유의한 차이를 보여 주었고($p<.05$), 조건 3에서는 유의한 변화를 보여준 영역이 없었다($p>.05$)(Table 3).

Table 2. The comparison of the peak pressure in 7 areas on foot by carrying a bag patterns during walking
Unit: Kpa* $p<.05$

		Condition1	Condition2	Condition3	F	p
		Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE		
Left	Hallux	395.56±39.36	484.94±50.50	453.98±44.62	1.01	.37
	Toe	145.74±14.56	180.70±23.50	161.32±22.95	.71	.49
	Met1	414.74±32.03	480.13±32.99	490.33±34.65	1.52	.23
	Met23	491.23±24.26 [‡]	579.08±28.14 [‡]	546.32±27.46	2.77	.07
	Met45	289.96±27.75	366.14±38.01	298.34±24.12	1.87	.16
	Midfoot	104.95±14.79	123.67±19.14	118.58±19.14	.31	.73
	Heel	437.26±29.51	509.37±36.43	488.64±35.77	1.19	.31
Right	Hallux	406.87±42.38	422.86±41.77	508.26±49.90	1.48	.24
	Toe	179.98±21.81	203.98±31.93	216.78±30.80	.43	.65
	Met1	372.58±25.15	400.00±34.20	454.84±34.50	1.76	.18
	Met23	435.80±34.34	500.97±33.11	485.67±41.34	.87	.42
	Met45	282.78±29.18	313.09±30.80	305.42±29.36	.28	.76
	Midfoot	108.23±10.20 [‡]	313.09±30.80 ^{‡ §}	119.81±13.45 [‡]	32.21	.00*
	Heel	405.08±28.49 [§]	459.29±29.76	491.95±31.37 [‡]	2.15	.12

[‡] ; significant difference from Condition 1. $p<.05$

[‡] ; significant difference from Condition 2. $p<.05$

[§] ; significant difference from Condition 3. $p<.05$

Condition 1; walking with no bag

Condition 2; walking with carrying a backpack

Condition 3; walking with carrying a shoulder bag

Table 3. The comparison of peak pressure in 7 areas on foot between left & right foot by carrying a bag patterns during walking

					Unit: Kpa
Condition	Area	Side	Mean±SE	t	p
Condition1	Hallux	Left	395.56±39.36	-.20	.42
		Right	406.87±42.38		
	Toe	Left	145.74±14.55	-1.31	.10
		Right	179.98±21.81		
	Met1	Left	414.74±32.03	1.04	.15
		Right	372.58±25.15		
	Met23	Left	491.23±24.26	1.32	.10
		Right	435.80±34.34		
	Met45	Left	289.96±27.75	.18	.43
		Right	282.77±29.18		
	Mid foot	Left	104.95±14.79	-1.18	.43
		Right	108.23±10.20		
	Heel	Left	437.26±29.51	.78	.22
		Right	405.08±28.49		
Condition2	Hallux	Left	484.94±50.50	.95	.17
		Right	422.86±41.77		
	Toe	Left	180.70±23.50	-.59	.28
		Right	203.98±31.93		
	Met1	Left	480.13±32.99	1.69	.05
		Right	400.00±34.20		
	Met23	Left	579.08±28.14	1.80	.04*
		Right	500.97±33.11		
	Met45	Left	366.14±38.01	1.08	.14
		Right	313.09±30.80		
	Mid foot	Left	123.66±17.53	-5.35	.00*
		Right	313.09±30.80		
	Heel	Left	509.37±36.43	1.06	.15
		Right	459.29±29.76		
Condition3	Hallux	Left	453.97±44.62	-.81	.21
		Right	508.26±49.90		
	Toe	Left	161.32±22.95	-1.44	.08
		Right	216.78±30.80		
	Met1	Left	490.33±34.65	.73	.24
		Right	454.84±34.49		
	Met23	Left	546.32±27.46	1.22	.11
		Right	485.67±41.34		

Condition3	Met45	Left	298.34±24.12	-.19	.43
		Right	305.42±29.36		
	Mid foot	Left	118.58±19.14	-.05	.48
		Right	119.81±13.45		
	Heel	Left	488.64±35.77	-.07	.47
		Right	491.95±31.37		

*p<.05

Abbreviations: See Table 2.

IV. 고 찰

최근 학생들 사이에서 척추 관련 질환이 많이 증가하고 있는 주요 원인 중의 하나가 바로 가방인데, 특히 한쪽 어깨에만 가방끈을 메고 보행을 할 경우 가방의 무게가 신체에 비대칭적으로 가해지게 되고, 체중심의 이동에 동요가 발생해 지지면 내에서 이탈이 발생할 수 있다. 이에 대해 신체는 외부에 위치한 부하를 신체 중심선으로 이동시켜 전체적인 체중심을 지지면 내에 유지시키고 자세 안정을 유지하기 위해 여러 분절에서 자세 조절 기전이 작용하게 되고, 이로 인해 비정상적인 자세 정렬과 보행 패턴의 변화가 나타나게 된다(Oh와 Choi, 2007; Jo, 2001; Fowler 등, 2006; Negrini와 Negrini, 2007).

그동안 많은 선행 연구들이 여러 가지 방법을 통해 가방 휴대 방법과 신체의 자세 적응 기전 사이의 관련성에 대해 분석을 해 왔는데, 그 중에서 보행을 하는 동안 입각기 기간에 발바닥에서 발생하는 족저압의 변화 양상을 측정하고 평가하는 방법은 하지에서의 자세 변화를 관찰할 수 있는 중요한 자료가 될 수 있다. 족저압 측정법은 병리적인 보행을 분석하기 위해 임상에서 이미 유용하게 사용되고 있는 방법으로(Hessert 등, 2005), 하퇴 의지 사용자(Kim과 Cynn, 2001)의 의지 처방이나 보행 훈련, 당뇨병 환자의 당뇨화 제작(Yang 등, 2003; Resch 등, 1997)을 위해 사용되며, 뇌성 마비 환자(Park 등, 2002; Park 등, 2006)나 파킨슨병 환자(Lee, 2006) 등의 보행을 평가하여 치료에 응용하기도 한다.

본 연구에서는 F-scan system을 이용하여 보행 시

족저압의 변화 양상을 측정함으로써 비대칭적인 가방 휴대가 척추 변형과 연관성이 있는 발에서의 적응 기전에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

일반적으로 보행을 하는 동안 발바닥에서 볼 수 있는 정상적인 족저압 분포 양상을 살펴보면, Moon 등(1995)은 정상 성인에서 보행 중 발끝 밀기(push off) 기간에는 중앙 전족부(middle forefoot)가 엄지발가락(thumb) 부위나 내측 전족부(medial forefoot)에 비해 가장 큰 압력을 받았으며, 전체 보행 주기에서 발꿈치(heel)에 발생하는 힘이 엄지발가락(thumb)이나 전족부(forefoot)에 비해 높다고 하였다. Moon 등(1997)의 연구에서도 서 있는 상태에서 제2,3 중족골두 부분이 가장 높은 족저압을 나타냈고, 발꿈치 안쪽 부위가 그 다음으로 높았지만, 보행 시에는 발꿈치 바깥 부위가 가장 높은 족저압을 보여 주었고, 발꿈치 안쪽 부위가 다음 순이라고 하였다. 이러한 선행 연구 결과들을 종합해 보면 보행 시에 발꿈치 부위에서 가장 높은 족저압이 발생하고, 다음으로 엄지발가락과 1-3번 중족골두 부위가 높은 족저압이 발생한다는 것을 알 수 있는데, 본 연구에서도 조건 1에서의 족저압 분포 양상을 살펴보면 이와 유사한 분포를 보여 준다는 것을 알 수 있었다.

가방 휴대 방법에 따라 발바닥에서의 족저압 분포가 어떻게 변하는지를 알아보기 위해 세 가지 조건에서 측정된 족저압을 서로 비교 분석하였다. 그 결과 오른쪽 발의 Midfoot 영역에서만 서로 유의한 차이를 보여 주었고, 왼쪽 발의 모든 영역과 오른쪽 발의 6개 영역에서는 모두 세 가지 조건 간에 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다.

Birrell 등(2007)은 군인들의 배낭 무게가 증가하고, 소충을 휴대하여 비대칭성이 증가할 수록 발에서의 지면 반발력이 증가한다고 하였다. 그리고 Hong과 Li(2005)는 가방 휴대 방식과 무게가 계단을 오를 때 지면 반발력에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구에서, 양쪽 어깨에 메는 배낭은 체중의 15% 무게일 때 가장 높을 지면 반발력을 보여 주었고, 어깨 가방을 멜 경우는 체중의 10% 무게 이상부터부터 지면 반발력이 크게 증가하였다고 하였다. 즉 동일한 무게의 부하를 적용할 경우 부하를 대칭적으로 휴대할 경우 비대칭적으로 휴대할 경우에 비해 지면 반발력이 작게 발생한다고 볼 수 있는데, 이를 통해 가방 휴대 방식이 발에 발생하는 압력에 영향을 준다고 판단할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 족저압의 크기에는 변화가 있었지만, 일부 영역을 제외하고는 대체로 통계학적으로는 유의하지 않은 변화를 보여 두 연구 간에 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 아끼미 착용 형태에 따른 오른쪽 발에서의 족저압 변화를 측정된 Yuk 등(2010)의 연구에서 본 연구와 유사한 결과를 볼 수 있었는데, 오른발 내에서 중족부에서만 유의한 차이를 보였고, 전족부나 후족부는 유의한 차이가 없었다고 하였으며, 그 이유는 체간에 가해진 부하가 척추 기립근의 근활성도 증가를 통해 체간 수준에서 충분히 조절되어 하지까지는 크게 영향을 미치지 않았기 때문이라고 하였다.

본 연구에서 가방 휴대 방법에 따른 왼쪽 발과 오른쪽 발 사이의 비대칭성을 알아보기 위해 각 보행 조건 별로 양측 발 사이의 최대 족저압을 비교 분석 하였다. 그 결과 수치상으로는 어느 정도의 변화를 보여 주기는 하였지만, 대체적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. Lee(2010)도 배낭의 휴대 방법에 따라 보행 시 왼쪽 발과 오른쪽 발 사이의 족저압 변화 양상을 비교 분석하였는데, 휴대 방법에 따라 발에서 유의한 변화를 보이는 영역이 있었지만, 대체적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로, 가방을 한 쪽 어깨에만 메고 보행을 하더라도 양 쪽 발 사이에서는 족저압이 대칭적으로 유지가 될 수 있었던 것은 아마도 여러 선행 연구에서도 밝힌 바와 같이 인체에 부하가 가해져 체중심의 이동이 발생했을 때,

변화된 체중심과 체중심선을 지지면 내에 유지시키려는 자세 적응 기전으로 인한 것으로 보인다.

그런데 조건 2의 경우 Met23과 Mid foot에서 유의한 차이가 관찰되었다. 일반적으로 볼 때 가방을 대칭적으로 멜 경우 선행 연구들에 의하면 유의한 차이를 보이지 않는 것이 정상이지만, 아마도 측정 기간에 일부 대상자들이 보행 속도에 변화가 생겼거나, 다소 비정상적인 보행 패턴을 보여 측정에 오류가 발생한 것으로 보인다.

조건 3의 경우 발의 전족부(forefoot)에서 약간의 변화를 볼 수 있었는데, 왼쪽 발의 경우 조건 2에 비해 다소 감소된 반면, 가방 끈을 메는 오른쪽의 발에서는 족저압이 약간 증가하는 경향을 관찰할 수 있었다. 이러한 변화는 선행 연구에서도 찾아볼 수 있다. Crowe와 Samson(1997)은 정상의 경우 보행 시 체중이 대칭적으로 분포하여 왼쪽과 오른쪽 발에서의 지면 반발력으로서 비슷하게 나타나는데, 체중의 15%에 해당하는 부하를 한 손으로 들고 보행을 한 경우에는 좌우 체중 부하 비율이 큰 차이는 없었지만, 무게를 든 쪽의 발에서 반대측에 비해 조금 더 커졌다고 보고하였다. Cottalorda 등(2003)과 Hong과 Li(2005)도 이와 비슷한 실험을 통해 비대칭적인 부하가 보행 시 지면 반발력을 비대칭적으로 변화시킨다는 것을 증명하였다.

이러한 변화는 가방 휴대 방법이 자세 적응 기전에 어떠한 변화를 유발하는지에 대해 조사한 여러 선행 연구를 통해서 그 원인을 찾을 수 있다. Negrini와 Negrini(2007)의 연구에 의하면 가방의 무게를 대칭적으로 분산시키는 배낭을 멜 경우에는 시상면(sagittal plane)에서의 변화가 두드러지게 나타났지만, 어깨 가방과 같이 비대칭적으로 가방을 멜 경우 전두면(frontal plane)과 시상면, 수평면(transverse plane)에서 모두 척추의 자세를 변화시켰다고 하였다. Seo 등(1994)과 Chow 등(2007), 그리고 Negrini와 Negrini(2007)의 연구에 의하면, 등 뒤로 배낭을 메고 보행을 할 경우 가방 무게로 인해 후방으로 이동된 체중심을 지지면에 유지시키기 위해 배 근육(abdominal muscles)과 등 근육(back muscles), 넓다리 근육(femoral muscles)의 근긴장도를 증가시켜 체간에서 전방 굽힘(flexion)이 일어나고, 요추의 앞 굽음(lordosis)과 흉추의 뒤 굽음(kyphosis)이 감소해 척추

가 편평해진다는 것을 알 수 있다. 그리고 수평면상에서는 골반과 흉추의 회전이 감소된다는 사실도 Lafiandra 등(2002)의 연구를 통해서 알 수 있다.

그러나 비대칭적으로 부하가 가해지는 어깨 가방 휴대할 경우에는 가방을 메지 않거나 배낭을 메었을 때와는 다른 자세 변형이 나타나게 되는데, Negrini와 Negrini(2007)는 어깨 가방이 정상보다 척추의 뒤굽음(kyphosis)을 증가시킨다고 보고하였고, Pascope 등(1997)은 가방을 메지 않고 보행을 할 때와 배낭을 메고 보행을 할 경우에는 척추의 가쪽 굴곡이 거의 차이가 없이 미미했지만, 어깨 가방을 메고 보행을 할 때는 척추의 가쪽 굽힘이 유의하게 증가 하였고, 가방 끈을 메는 쪽의 어깨가 올라가는(elevation) 자세 변형을 보여 주었으며, 머리와 체간의 전방 굽힘은 배낭을 멘 경우보다 작게 나타났다고 하였다. Fowler 등(2006)도 3차원 동작분석을 통해 한쪽 어깨로 어깨 가방을 멘 경우 시상면에서 요추부가 가방을 메는 어깨의 반대쪽의 가쪽 굽힘이 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 가방을 메는 방법에 따라 오른쪽 발과 왼쪽 발에서 족저압 분포 양상이 어떻게 변화되는지 살펴보았다. 그 결과 가방 휴대 방법이 대칭성일 경우와 비대칭성일 경우 모두 발에서의 족저압 변화에는 유의한 변화를 발생시키지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 가방을 비대칭적으로 메고 보행을 하더라도 가방의 무게를 적절히 분산시키고, 지지면 내에 체중심선을 유지시키려는 자세 적응 기전으로 인해 양 쪽 발 사이의 비대칭적인 양상은 일부 영역에서의 눈에 띄는 변화가 나타나지는 하였지만, 전체적으로 볼 때는 유의한 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 연구에서는 F-scan system을 이용하여 비대칭성 가방 휴대가 족저압에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 가방의 무게로 인해 족저압의 크기가 가방을 메지 않았을 때에 비해 증가하였지만, 가방 휴대 방법에 따른 비교에서는 발에서의 족저압이 통계적

으로 유의한 변화를 보여 주지 않았고, 양쪽 발 사이의 비대칭성 또한 전체적으로 유의하지 않은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 변화는 가방의 위치로 인해 변화된 체중심의 위치 변화를 최소화하고, 체중심선의 위치를 지지면 내에 유지시키려고 하는 자세 적응 기전이 일어났기 때문으로 생각된다.

비록 본 연구에서는 가방을 비대칭성으로 휴대하더라도 대칭성으로 휴대를 한 경우와 큰 차이가 없는 것으로 나타났지만, 향후 신체 각 부위에서의 근활성도와 각 분절에서의 움직임 변화에 대한 연구를 추가적으로 시행한다면 신체 분절과 발에서의 조절 기전의 상호연관성을 확인하여 올바른 가방 휴대 방법에 대한 정보를 좀 더 정확하게 제공해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

가방을 올바르게 못한 방법으로 장시간 휴대할 경우 잘못된 자세를 유발하게 되고, 근골격계에 많은 영향을 통증이나 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 가방을 선택할 때 디자인도 중요하지만, 인체 공학적으로 잘 설계되어 휴대하기가 편하고, 보행 시 균형을 유지하는데 유리할 뿐만 아니라, 무게를 골고루 분산시켜 신체적으로 힘이 가장 적게 드는 가방을 선택하는 것이 좋으며, 이런 가방을 올바른 방법으로 휴대하는 것 또한 매우 중요하다고 할 수 있겠다.

참고문헌

- Ahn JS. The effects of asymmetric load of shoulder bag on trunk and pelvis movement patterns of normal adult during gait. Dept. of Ergonomic Therapy. The Graduate School of Health and Environment. Yonsei University. Master's thesis. 2006.
- Birrell SA, Hooper RH & Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait Posture*. 2007;26(4):611-4.
- Chang JS. A Biomechanical Analysis of Lower Extremity on the Flatfoot with External Conditions. Daegu University Graduate School of Rehabilitation Sciences. Doctor's thesis. 2010.

- Cho HY. The analysis of the kinematic variable on loading response during the walking. Dept. of physical education. Honam University. 1998;19(2):1305-16.
- Choi HI. A study on the relationship between scoliosis and foot. Department of Physical Therapy. Graduate School of Rehabilitation Science. Taegu University. Master's thesis. 2001.
- Chow DH, Kwok ML, Au-Yang AC et al. The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. *Ergonomics*. 2005;48(6):642-56.
- Chow DH, Leung KT & Holmes AD. Changes in spinal curvature and proprioception of schoolboys carrying different weights of backpack. *Ergonomics*. 2007;50(12):2148-56.
- Cottalorda J, Rahmani A, Diop M et al. Influence of school bag carrying on gait kinetics. *J Pediatr Orthop B*. 2003;12(6):357-64.
- Crowe A & Samson MM. 3-D analysis of gait: The effects upon symmetry of carrying a load in one hand. *Human Movement Science*. 1997;16(2-3):357-65.
- Fowler NE, Rodacki AL & Rodacki CD. Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait Posture*. 2006;23(2):133-41.
- Han T, Paik NJ & Im MS. Quantification of the path of center of pressure (COP) using an F-can in-shoe transducer. *Gait Posture*. 1999;10(3):248-54.
- Hessert MJ, Vyas M, Leach J et al. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatrics*. 2005;5(1):8-15.
- Hong DJ, Park SB, Lee SG et al. Analysis of the stance phase in a hemiplegic patient by the measurement of plantar pressure. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1998;22(5):1123-8.
- Hong Y & Li JX. Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking. *Gait Posture*. 2005;22(1):63-8.
- Jo SC. Effects of backpack weight on elementary school boy's walking. *The Korean Journal of Sports Medicine*. 2001;19(2):303-10.
- Kim CK & Shin DM. Kinematic analysis of book bag weight on gait cycle and posture of youth. *Journal of sport and leisure studies*. 1995;3(1):175-85.
- Kim JH. An influence of trunk control using pelvic movement upon the foot pressure of patients with hemiplegia. Department of Physical Therapy. Graduate School of Rehabilitation Health Science. Yong-in University. Master's thesis. 2007.
- Kim JH & Cynn HS. A study of characteristics of foot pressure distribution in trans-tibial amputee subjects. *The Korean Academy of University Trained Physical Therapists*. 2001;8(3):1-10.
- Kim K, Park YH & Bae SS. Intermachine validity and reliability of the F-mat and F-scan. *The journal of Korean society of physical therapy*. 2000;12(2):29-37.
- Kim MH. Changes in neck muscle electromyography and forward head posture during carrying of various schoolbags by children. The Graduate School. Yonsei University. Department of Rehabilitation Therapy. Master's thesis. 2006.
- Kobayashi N, Warabi T, Kato M et al. Posterior-anterior body weight shift during stance period studied by measuring sole-floor reaction forces during healthy and hemiplegic human walking. *Neurosci Lett*. 2006;399(1-2):141-6.
- Lafiandra M, Holt KG, Wagenaar RC et al. Transverse plane kinetics during treadmill walking with and without a load. *Clin Biomech*. 2002;17(2):116-22.
- Lee CN. Clinical Correlation of the motor symptoms with Parkinson's disease and Foot Scan. Department of Medical Science. Graduate School. Korea University. Master's thesis. 2006.
- Lee TJ. The comparative analysis of the foot pressure by various carrying a pack methods during walking. Physical Education Major. Graduate School of Education. Kyungsoong University. Master's thesis. 2010.
- Macias BR, Murthy G, Chambers H et al. Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by

- children. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(5):512-7.
- Matsuo T, Hashimoto M, Koyanagi M et al. Asymmetric load-carrying in young and elderly women; Relationship with lower coordination. *Gait Posture*. 2008;28(3):517-20.
- Moon HW, Park SI, Rah UW et al. Foot pressure measurement using f-scan system in normal korean adults. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1995;19(2):289-95.
- Moon JH, Lee HS, Kim MY et al. Foot pressure distribution of normal children. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1997;21(4):755-61.
- Mueller MJ & Strube MJ. Generalizability of in-shoe peak pressure measures using the F-scan system. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996;11(3):159-64.
- Negrini S & Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis*. 2007;2(8):1-7.
- Oh JH & Choi SN. Effects of the length of schoolbag string on gait posture. *Journal of sport and leisure studies*. 2007;30:619-29.
- Park ES, Kim HW, Park CI et al. Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(5):703-9.
- Park ES, Park CI, Kim JY et al. Foot Pressure Distribution and Path of Center of Pressure (COP) of Foot during Ambulation in the Children with Spastic Cerebral Palsy. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2002;26(2):127-32.
- Park SH, Kim YH & Park SJ. Evaluation method in gait analysis. *Korean Journal of the science of Emotion & Sensibility*. 2003;6(4):25-32.
- Pascoe DD, Pascoe DE, Wang YT et al. Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics*. 1997;40(6):631-41.
- Resch S, Apelqvist J, Stenström A et al. Dynamic plantar pressure measurement in 49 patient with diabetic neuropathy with or without foot ulcers. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3(4):165-74.
- Rosenbaum D & Becker HP. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3(1):1-14.
- Seo GU, Lee JS & Kim YJ. A study on biomechanical of the effective packing carrying system in walking. *The Journal College of Education. Pusan National University*. 1994;29:179-213.
- Stuempfle KJ, Drury DG & Wilson AL. Effects of load position on physiological and perceptual responses during load carriage with an internal frame backpack. *Ergonomics*. 2004;47(7):784-9.
- Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *CMAJ*. 2002;167(6):669.
- Woo DP. An analysis of gait characteristics and physiological loads on carrying tasks. Dept. of Industrial Engineering, Graduate School of Dong-A University. Doctor's thesis. 2001.
- Yang DC, Jang SH, Choi KS et al. Comparison of peak plantar pressure between bare foot and in-shoe in diabetic patients. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2003;27(4):600-4.
- Yuk GC, Park RJ, Lee HY et al. The effects of baby carrier and sling in muscle activation of trunk, low extremity and foot pressure. *Korean Soc Phys Med*. 2010;5(2): 223-31.