

보행 시 부하 위치에 따른 족저압 중심(COP) 이동 분석

박수진 · 김진상¹

대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Analysis of Center of Pressure(COP) Displacement under Loading Position during Walking

Soo-Jin Park, PT, MS, Jin-Sang Kim, DVM, PhD¹

Major in Physical Therapy, Department of Rehabilitation Science, Graduate School of Daegu University,

¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract >

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of loading position on plantar center of pressure(COP) displacement when carrying a schoolbag during walking.

Methods : Forty-four normal subjects were randomly assigned to five groups according to the method of carrying a schoolbag. The carrying a schoolbag methods were classified into five conditions: no bag (condition 1), a backpack (condition 2), a shoulder bag (condition 3), a cross bag (condition 4), a one-hand bag (condition 5). COP displacement such as anteroposterior distance and mediolateral distance of COP were measured with F-scan system. The repeated one-way analysis of variance (ANOVA) and independent t-test were used to confirm the statistical significance.

Results : In the comparison of parameters of COP displacement between conditions, anteroposterior distance and mediolateral distance in the left foot and mediolateral distance in the right foot were not significantly different($p > .05$), but anteroposterior distance in the right foot was significantly different($p > .05$). Between left and right foot, at condition 1 and 5 the mediolateral distance of COP was significantly different($p < .05$) but anteroposterior distance at condition 1 and 5, anteroposterior distance and mediolateral distance of COP at condition 2, 3 and 4 were not significantly different($p > .05$).

Conclusion : These findings showed that the various loading position by five types of carrying a schoolbag didn't have influence significantly on COP displacement on during walking because of mechanism of postural adaption.

Key Words : Loading position, Carrying a schoolbag, COP displacement

I. 서 론

사람은 일상생활을 하면서 신체 내·외부 환경과 특수한 과제에 적합한 최적의 자세 조절을 위해 노력을 하고 있으며, 이러한 자세 균형 조절은 우리가 독립적인 생활을 하는데 있어서 필수적이고 중요한 의미를 갖는다(정동훈과 권혁철, 1999). 특히 자세 균형 조절 능력 중에서 체중심의 이동은 바로 선 자세뿐만 아니라 여러 일상생활 활동 속에서 흔히 볼 수 있는데, 물건을 들거나 가방을 메고 걸어 갈 때와 같은 상황에서 신체에 가해지는 부하는 자세 유지 및 균형 유지에 중대한 영향을 미친다(정형국과 배성수, 1993).

물건을 운반할 경우 부하가 너무 무겁거나 잘못된 방법으로 휴대하고 보행을 할 경우, 보행 패턴의 변화로 인해 체중심 이동에 영향을 받게 되는데(Negrini와 Negrini, 2007), 정상적인 보행에서는 체중심이 상·하, 좌·우, 진행 방향을 따라 규칙적, 대칭적으로 부드럽게 진행하고, 사지의 움직임이 조화롭게 이루어지지만(홍대중과 박시복, 1998; Crowe와 Samson, 1997), 가방과 같은 부하를 들거나 메고 보행을 할 경우 체중심의 불규칙적인 이동이 나타난다. 또한 부하를 운반하는 방식으로 인해 위치가 변화된 체중심선을 기저면 중앙으로 가져와 평형을 유지하고, 전방으로의 진행을 위해 중심선을 더욱더 앞으로 가져와서 균형을 유지하고 보행 에너지 소모를 절약하기 위한 인체의 적응 기전이 나타나게 된다(오정환과 최수남, 2007; 조성초, 2001). 이러한 적응 기전은 보행 분석으로 관찰할 수 있는데, 부하의 무게(조성초, 2001; 조현영, 1998; Pascope 등, 1997), 위치(Crowe와 Samson, 1997), 휴대 방식(정동훈과 권혁철, 1999)에 따라 분속수와 보폭, 활보장의 변화가 나타나는 것을 여러 선행 연구를 통해 알 수 있다.

보행을 분석하는 방법 중에서 보행하는 동안 발의 구조적, 생역학적 기능 상태를 반영하는(Han과 Paik, 1999) 족저압 측정법(foot pressure)인 F-scan system은 대상자의 신발 안에 신발 내 삽입형 센서(in-shoe type)(고은경과 정도영, 2007)를 넣고 발바닥의 압력 측정 시스템을 이용해 보행 동안 발의

여러 곳의 압력을 감지하여 발에서의 무게 변화 양상을 시간적, 양적 수치로 제공해 주는 장치이다(김지혜, 2007; 양두창 등, 2003). 양측 발을 동시에 여러 걸음을 측정할 수 있고, 신발이나 보조기를 착용한 상태에서 기능적 활동을 하는 동안에도 측정을 할 수 있는 장점을 가진 F-scan system은(김경 등, 2000; Mueller와 Strube, 1996; Rosenbaum과 Becker, 1997) 이상 보행을 보이는 환자들 대상으로(이규한 등, 1996) 많은 연구에 사용될 만큼 신뢰도가 입증된(Mueller와 Strube, 1996) 분석 방법이다.

F-scan system을 통해 측정할 수 있는 자료들 중에서, 발에서 수직 반발력 벡터의 한 점으로서 지면과 접촉하고 있는 모든 압력점의 무게 평균을 의미하는 족저압 중심(center of pressure, COP)은 수직력에 의한 모멘트의 힘이 0이 되는 곳으로, 작용점(point of application)의 위치와 동일하다. 수평면의 작용점은 수직력의 힘 벡터가 시작되는 압력 분포 판 위의 한 지점이지만, 발바닥이 지면과 접촉할 때 힘이 발바닥 전체에 작용하기 때문에 한 지점이라고 할 수 없으므로 압력 중심이라고 부르며, 매 접지 순간마다의 압력 중심을 구하여 연결한 것이 바로 족저압 중심의 이동 경로이다(김용재 등, 2004; 박지원 등, 2005). 보행 동안 족저압 중심의 이동 경로를 분석하면 보행자의 균형 감각이나 이동 습관 등을 알 수 있어 생역학적 의미뿐만 아니라 임상적으로도 유용하게 이용할 수 있는데, F-Scan system은 전 보행주기에 걸쳐 족저압 중심 값을 자동적으로 산출하고 그 이동 궤적을 화면에 표시해 주는 소프트웨어를 내장하고 있어서 직접적으로 족저압 중심의 이동 경로를 관찰할 수 있다(백남중과 임민식, 1997).

가방을 메고 보행을 할 때 무게가 너무 무겁거나 휴대 방법이 바르지 못할 경우, 신체에 비정상적이고 비대칭적인 부하가 가해지고, 이러한 부하가 생리적, 역학적으로 영향을 미쳐 동적 균형과 자세 정렬에 변화를 일으킨다(오정환과 최수남, 2007; Matsuo 등, 2008). 그리고 이러한 변화는 보행 패턴(Negrini와 Negrini, 2007)과 체간 안정성(이수연 등, 2007), 근골격계에 영향을 주어 신경총(plexus)이나 말초신경의 상해, 상지 근육들의 약화, 척추 변형, 요통,

두부전방자세와 같은 근골격계 문제(고은경과 정도영, 2007; 김민희, 2006; 김창국과 신동민, 1995; 우동필, 2001; Weir, 2002) 뿐만 아니라, 신체에 전반적인 불균형을 초래할 수 있다(공원태 등, 2009).

부하 운반으로 인한 신체적 문제점들을 분석하고 해결 방안을 찾기 위해 가방의 휴대 방법에 따른 보행 패턴의 변화에 대한 연구는 많이 이루어지고 있지만, 발에서는 어떠한 변화가 나타나는지에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 입각기에서 발의 족저압을 감지하여 족저압 중심의 이동 궤적을 관찰할 수 있는 F-Scan system을 이용해 다양한 가방 휴대 방법을 통한 부하의 위치에 따라 보행 시 족저압 중심의 이동이 어떻게 변하는지 분석하고, 부하의 위치가 보행 분석 요소 중의 하나인 족저압 중심 이동에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구는 D대학에 재학 중인 정상 성인 44명(남자 30명, 여자 14명)을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 상지와 하지에 보행에 영향을 주는 근골격계 질환이 없는 자, 척추에 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 자, 오른쪽 손이 우성인자로 하였다(문혜원 등, 1995; 안준수, 2006).

2. 실험방법

1) 측정도구

본 연구에서는 F-scan ver 5.83 system (Tekscan Inc, South Boston, 미국)을 이용하여 보행 시 입각기 동안 발에서의 족저압 중심 이동 경로를 측정하였다. F-scan system은 압력 탐색 센서(insole sensor), 변환 장치(Cuff Units), 변환 장치와 컴퓨터를 연결

하는 케이블(Cuff Cable), PCI Interface Board(Super Receiver), 변환 장치를 발목에 부착하기 위한 밴드(Velcro Ankle Band), 데스크탑 컴퓨터로 구성되어 있다. 센서는 신발 크기에 맞게 잘라서 신발 내에 넣어 족저압을 측정할 수 있는 신발 내 삽입형(in-shoe type)으로, 960개의 압력 감지점이 5mm 간격으로 격자 형식으로 균일하게 분포되어 있는 두께 0.2mm의 얇고 잘 구부러지는 필름 형태로 되어 있다(문혜원 등, 1995; 박은숙 등, 2002).

2) 측정 방법

본 연구에서는 부하의 위치에 따른 보행 시 발에서의 족저압 중심 이동 경로 변화를 분석하기 위해서, 가방을 이용하여 부하를 적용하였다. 부하 적용 방법은 가방을 휴대하지 않고 보행(조건1), 가방을 두 개의 스트랩을 이용하여 양 쪽 어깨에 메고 보행(조건2), 가방을 하나의 스트랩을 이용하여 한 쪽 어깨에 메고 보행(조건3), 가방을 한 쪽으로 가로질러 메고 보행(조건4), 가방을 한 쪽 손으로 들고 보행(조건5)으로 구분하였으며, 모든 대상자들에게 5가지 조건을 모두 적용하여 족저압 중심 이동 경로를 측정하였다. 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 스트랩을 조건3에서는 오른쪽 어깨(김창국과 신동민, 1995; Fowler 등, 2006; Hong과 Li, 2005), 조건4에서는 왼쪽 어깨에 위치하도록 하였으며(정동훈과 권혁철, 1999), 조건5에서는 가방에 부착된 손잡이를 오른쪽 손으로 잡고 가방을 들게 하였다(Crowe와 Samson, 1997). 가방 높이는 옆구리 장골 능선을 기준으로 하여, 조건2에서는 가방 밑 부분(오정환과 최수남, 2007; Macias, 2008), 조건3과 조건4에서는 가방 상단 끝부분이 이 부위에 위치하도록 조절 하였다(김창국과 신동민, 1995).

신발 크기에 맞게 재단이 된 센서를 양측 신발 내에 삽입을 하고, 대상자들에게 양말을 신은 상태에서(Kobayashi 등, 2006) 개개인의 발에 맞는 신발을 신고 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 몇 차례 반복 보행하게 한 후 평상 시 보행 속도로 편안하고 자연스럽게 걷는 동안, 처음 5 걸음 이후부터 100Hz로 6초간 좌·우 양측을 합하여 10-12 걸음이 될 때까지 측정하였다. F-scan research 5.83 프로그램을 이용해 자료를 처리, 처음 걸음과 마지막 걸음을 제외한 나머지 3-4 걸음을 선택하고, F-Scan system의 프로그램에 의해 자동적으로 산출되어 화면에 표시된 족저압 중심 이동 궤적의 전·후, 내·외 길이를 분석하였다.

3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 12.0 for window version을 이용하여 조건 사이 족저압 중심 이동 경로의 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산 분석을 실시하였고, 각 조건 간에서 좌·우측 발 사이의 비대칭성을 알아보기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 남자 30명, 여자 14명으로 총 44명, 연령은 20~30대로 평균 연령이 23.82 ± 3.57 세 이었으며, 신장은 평균 171.24 ± 8.24 cm 이었다. 몸무게는 평균 66.72 ± 11.26 kg이었는데, 본 연구에서 가방 무게를 몸무게의 15%로 정한 결과 가방의 평균 무게가 약 10 ± 1.70 kg이었다. 대상자들의 신발 사이즈는 257.41 ± 17.18 cm이고, 발 크기는 249.7 ± 16.26 cm로 신발 사이즈와는 약간의 차이가 있었다.

2. 족저압 중심의 이동 경로

본 연구에서는 가방 휴대 방법에 따라 변화된 부하의 위치 변화가 보행 시 발에서의 족저압 중심의 이동에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 F-Scan system을 이용해 족저압 중심 이동 경로를 분석, 평가하였다.

1) 보행 조건 사이 족저압 중심 이동 경로 비교

다섯 가지 가방 휴대 방법에 대한 조건 사이의 차이를 비교한 결과, 좌측 발의 족저압 중심의 전·

Table 1. The comparison of the COP displacement by carrying a bag patterns during walking

| | | Condition1 | Condition2 | Condition3 | Condition4 | Condition5 | F | p |
|-------|-------------|---------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|------|------|
| | | mean±SE | mean±SE | mean±SE | mean±SE | mean±SE | | |
| Left | AP distance | 17.74±0.43 | 17.90±0.39 | 17.78±0.34 | 17.76±0.38 | 17.79±0.42 | .56 | .68 |
| | ML distance | 1.81±0.07* [‡] § | 1.68±0.06 [†] | 1.70±0.07 | 1.66±0.07 [†] | 1.73±0.06 | 1.18 | .11 |
| Right | AP distance | 17.49±0.30 | 17.68±0.28 | 17.31±0.44 | 17.64±0.30 | 17.88±0.31 [§] | 2.72 | .04* |
| | ML distance | 1.63±0.06 | 1.62±0.06 | 1.62±0.06 | 1.67±0.06 | 1.57±0.06 | .62 | .64 |

Unit: cm

AP distance = anteroposterior distance

ML distance = mediolateral distance

Condition 1=walking with no bag

Condition 2=walking with carrying a backpack

Condition 3=walking with carrying a shoulder bag

Condition 4=walking with carrying a cross bag

Condition 5=walking with carrying a one-hand bag

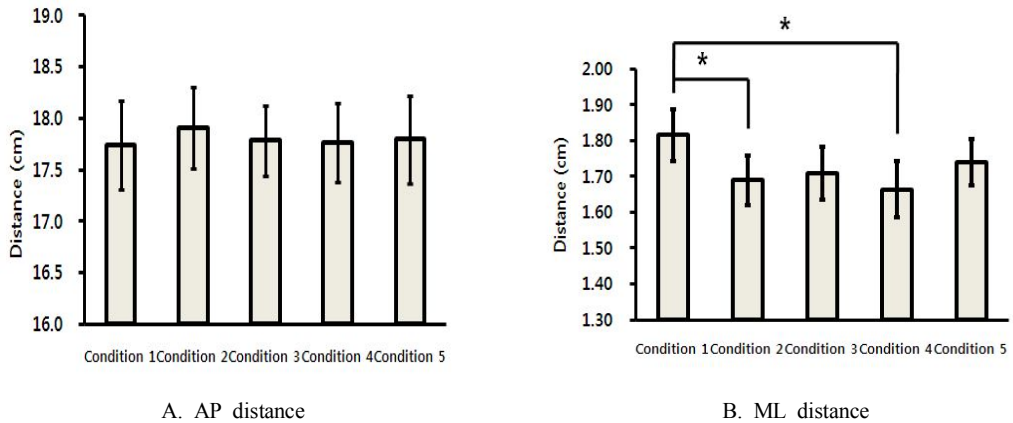
*p<0.05

[†] = significant difference from Condition 1. p<0.05

[‡] = significant difference from Condition 2. p<0.05

[§] = significant difference from Condition 4. p<0.05

^{||} = significant difference from Condition 5. p<0.05



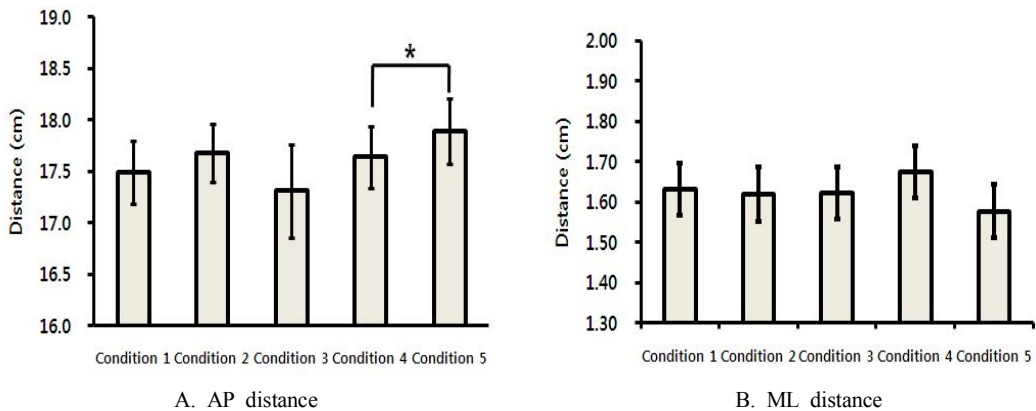
Abbreviations: See Table 1.

Fig 1. The comparison of the COP displacement that AP distance(A) and ML distance(B) on left foot by carrying a bag patterns during walking. (* $p < 0.05$)

후 이동 거리는 다섯 조건 사이에 유의한 차이를 보이지 않았고($p > .05$), 각 조건 사이의 대응별 비교에서도 유의한 차이를 보여주지 않았다($p > .05$). 내·외 이동 거리는 비록 다섯 조건 사이에 유의한 차이를 보이지 않았지만($p > .05$), 조건1과 조건2, 조건1과 조건4 사이에는 유의한 차이를 볼 수 있었다($p < .05$). 우측 발의 족저압 중심의 전·후 이동 거리는 다섯 조건 사이에 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 조건4와 조건5 사이에 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 내·외 이동 거리는 다섯 가지 조건 사이 비교뿐만 아니라, 각 조건 사이의 대응별 비교에

서도 유의한 차이를 보여주지 않았다($p > .05$)(Table 1)(Fig 1A, 1B)(Fig 2A, 2B).

2) 보행 조건 간 족저압 중심 경로 좌·우 비교
가방 휴대 방법에 따른 좌·우측 발 사이의 비대칭성을 분석한 결과 조건1과 조건5에서 족저압 중심 내·외 이동거리가 유의한 차이가 있었지만($p < .05$), 그 외 조건에서는 족저압 중심의 전·후 이동거리와 내·외 이동거리가 좌·우측 간에 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 2)(Fig 3).



Abbreviations: See Table 1.

Fig 2. The comparison of the COP displacement that AP distance(A) and ML distance(B) on right foot by carrying a bag patterns during walking. (* $p < 0.05$)

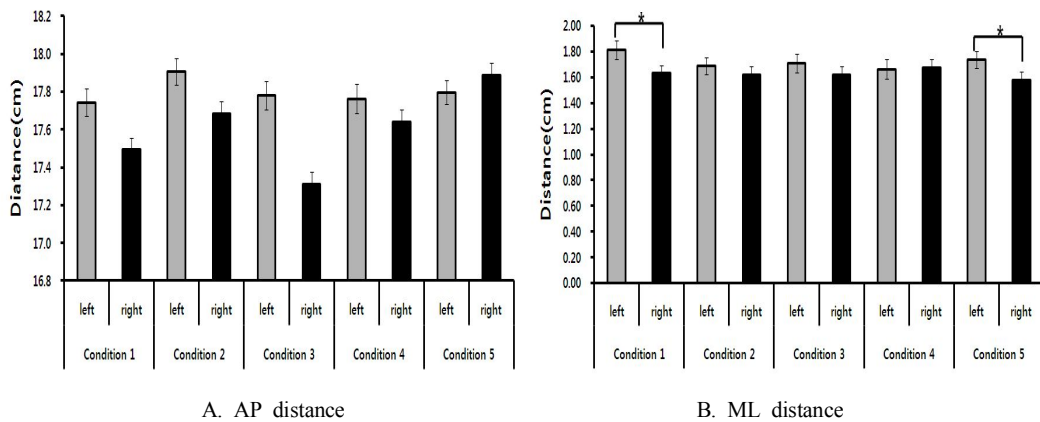
Table 2. The comparison of COP displacement between left & right foot during walking

| Condition | Distance | Side | mean ± SE | t | p |
|------------|-------------|-------|--------------|-------|-------|
| Condition1 | AP distance | Left | 17.74 ± 0.43 | 0.47 | 0.32 |
| | | Right | 17.49 ± 0.31 | | |
| | ML distance | Left | 1.82 ± 0.07 | 1.92 | 0.03* |
| | | Right | 1.63 ± 0.06 | | |
| Condition2 | AP distance | Left | 17.91 ± 0.39 | 0.47 | 0.32 |
| | | Right | 17.68 ± 0.28 | | |
| | ML distance | Left | 1.69 ± 0.07 | 0.71 | 0.24 |
| | | Right | 1.62 ± 0.07 | | |
| Condition3 | AP distance | Left | 17.78 ± 0.34 | 0.83 | 0.20 |
| | | Right | 17.31 ± 0.45 | | |
| | ML distance | Left | 1.71 ± 0.07 | 0.88 | 0.19 |
| | | Right | 1.62 ± 0.07 | | |
| Condition4 | AP distance | Left | 17.76 ± 0.38 | 0.25 | 0.40 |
| | | Right | 17.64 ± 0.30 | | |
| | ML distance | Left | 1.66 ± 0.08 | -0.11 | 0.46 |
| | | Right | 1.68 ± 0.06 | | |
| Condition5 | AP distance | Left | 17.35 ± 0.59 | -1.15 | 0.13 |
| | | Right | 21.22 ± 3.31 | | |
| | ML distance | Left | 1.74 ± 0.07 | 1.73 | 0.04* |
| | | Right | 1.58 ± 0.07 | | |

Unit: cm

*p<0.05

Abbreviations: See Table 1.



Abbreviations: See Table 1.

Fig 3. The comparison of the COP displacement that AP distance(A) and ML distance(B) between left and right foot by carrying a bag patterns during walking. (*p<0.05)

IV. 고 찰

가방을 메고 보행을 할 경우 가방의 무게와 위치로 인해서 인체에 동적 균형과 자세 정렬의 변화를 유발하여(오정환과 최수남, 2007; Matsuo 등, 2008) 보행 패턴이 변하게 된다는 것을(Negrini와 Negrini, 2007) 여러 선행 연구에서 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 다양한 가방 휴대 방법에 따른 부하의 위치 변화가 보행 분석 요소 중의 하나인 족저압 중심에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 F-scan system을 이용하여 족저압 중심의 이동 경로를 분석하였다.

정상인의 경우 보행 시 족저압 중심의 이동 경로는 입각기가 시작되는 발뒤꿈치의 후·외측에서 시작하고, 중족부 내측을 지나 두 번째 중족골두를 통과하고, 입각기의 마지막에는 엄지발가락과 두 번째 발가락 사이로 지나가서 발의 전·내측 부위에서 끝이 난다(김용재 등, 2004; 최진호 등, 1999). 그리고 족저압 중심의 이동 범위는 일반적으로 발 접촉 길이(length)의 83%, 전족 접촉 넓이(width)의 18%와 일치하고, 이동 속도는 전체적으로 약 22~27cm/s이다(Han과 Paik, 1999).

이러한 족저압 중심의 전·후, 내·외측 이동은 피검자의 균형이나 보행 패턴 등을 평가하고 균형 능력을 해석하는 중요한 변수로써, 발뒤꿈치 닿기에서 발끝 밀기까지가 제대로 일어나는지를 분석할 수 있어서 생역학적으로 중요한 의미를 갖는다(박지원 등, 2005; 백남종과 임민식, 1997; de Haart 등, 2004; Han과 Paik, 1999; Kiriya 등, 2004). 이는 보행 중에 힘의 궤적이 어느 방향으로 진전 하느냐에 따라 정상 보행과 이상 보행으로 구분할 수 있기 때문이다(박성하 등, 2003).

족저압 중심의 전·후 이동 변위는 운동성을 의미하고, 내·외의 이동 변위는 안정성을 의미하는데, 보행 시 족저압 중심의 이동이 전·후 방향을 중심으로 일어나고, 내·외측으로의 이동이 상대적으로 적을 경우, 안정성을 제공함으로써 운동성을 증가시키는 효율적인 보행이라고 할 수 있다(김정태와 박성현, 2005; 박지원 등, 2005).

de Haart 등(2004)은 실험에서 정상군과 편마비

환자군에서 측정된 족저압 중심의 최대이동거리를 비교한 결과, 내·외측의 거리에서 정상군이 환자군보다 짧게 나타났고, 전·후방 이동 거리에서는 정상군이 환자군보다 길게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 박지원 등(2005)의 실험에서도 이와 동일한 양상을 볼 수 있는데, 이는 편마비 환자가 정상인에 비해 안정성과 운동성이 저하되었다고 판단을 할 수 있다. 정상인에서는 족저압 중심 이동이 전·후 방향을 중심으로 일어나고, 내·외측으로의 이동이 상대적으로 적은 효율적인 보행을 하고 있지만, 편마비 환자의 경우 족저압 중심이 보상 전략으로 인해 내·외측으로의 이동이 동반되는 것이라고 추정할 수 있다(박지원 등, 2005).

본 연구에서 좌측 발의 족저압 중심 전·후 이동 거리와 내·외 이동거리, 우측 발의 족저압 중심 내·외 이동거리는 다섯 조건 사이에 유의한 차이를 보이지 않았지만, 우측 발의 족저압 중심 전·후 이동거리는 조건5에서 통계적으로 유의하게 증가하였고, 비록 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았지만 족저압 중심 내·외 이동 거리가 다소 감소하였다. 이는 한 쪽 손으로 가방을 들 경우 다른 네 조건의 휴대 방식에 비해 우측 발에서 입각기 동안 안정성과 함께 운동성이 증가되었다는 것을 알 수 있으며, 조건5에서 발바닥 접촉 면적의 증가로 인해 발에서의 체중 지지면이 확대되어 안정성이 향상된 것으로 생각된다.

조건 간 족저압 중심의 좌·우 비교에서는 조건1에서의 내·외 이동거리와 조건5에서 내·외 이동거리를 제외한 모든 조건에서 조건 내 족저압 중심 이동 경로의 좌·우측 발 비교에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 조건1의 경우는 대상자들이 평소 습관적인 걷는 자세가 다소 체중 분배가 비대칭적인 자세로 걷기 때문이라 생각되며, 조건5의 경우 대상자들의 자세가 다른 조건에 비해 다소 왼쪽으로 더 많이 기우는 듯한 변화를 보여 주었으며, 가방 무게에 대한 부담감이 좀 더 많았다고 호소하였는데, 아마도 이러한 이유로 인해 왼쪽 발의 입각기에서 안정성이 다소 감소되었다고 생각된다. 그런데 본 연구의 결과를 전체적으로 볼 때 비록 부하의 위치가 비대칭적으로 제공이 되었지만, 다른 세 조

건에서는 유의한 차이가 나타나지 않은 것은 비대칭적인 부하로 인해 체간과 사지, 목 등에서 적응 기전이 작용해 자세 정렬이 변화되었기 때문이라고 추측을 할 수 있다.

Crowe와 Samson(1997)의 연구에서도 본 연구에서와 비슷한 결과를 볼 수 있었다. 이들은 정상 남녀를 대상으로 체중의 15% 무게를 한손에 든 경우와 들지 않은 경우에서 보행 시 지면 반발력을 측정하여 보행을 평가한 연구에서 무게를 들지 않은 경우 보행 시 체중이 좌·우 대칭적으로 부과되어 지면 반발력이 비슷하게 나타났는데, 무게를 들고 보행을 한 경우 좌·우 체중 부하 비율이 큰 차이는 없었지만 무게를 든 쪽의 발에서 반대쪽 발보다 조금 높은 값을 보였다고 하였다. 그리고 무게를 들고 보행을 할 경우 체중심 동요의 대칭성 요소에 변화가 없거나, 체중심의 이동 범위에 대한 비대칭성이 조금 나타나긴 했지만 그 차이가 미미하였으며, 이러한 결과는 무게로 인한 비대칭성의 증가에 대한 신체의 보상 효과가 작용했기 때문이라고 하였다.

신체의 보상 작용은 보행 중 비대칭 부하 휴대에 따른 자세 변화를 3차원 동작 분석기를 통해 분석한 Matsuo 등(2008)의 연구에서 좀 더 자세히 알 수 있는데, 비대칭적인 부하는 체간을 반대편 쪽으로 측굴을 증가시키고, 부하가 증가할수록 굴곡 각도가 컸다. 체간에서 측굴이 일어나면 이에 대해 균형을 맞추기 위해 머리의 측굴과 전두면 상에서 반대편 상지의 외전으로 보상 작용이 일어나고, 부하가 증가할수록 보상 운동의 크기 또한 증가하였다. 이러한 자세 변화로 체중심을 지지면 내에 있게 하여 에너지 소비를 최소화 하였다. Flower 등(2006)도 이와 비슷한 실험을 하였는데, 가방을 한 쪽 어깨로 메는 경우 체간의 전방 굴곡이 증가하고 반대편으로의 측굴 증가를 유발하며, 전두면에서의 측굴은 흉추부에서 이루어지고, 시상면에서의 전방 굴곡은 흉추부에서 두드러지게 이루어졌다고 보고하였다.

비대칭적인 부하를 휴대하고 보행을 할 경우 체간의 외측 근육의 근활성도가 비대칭적으로 나타나고, 고관절과 슬관절의 모멘트의 불균형을 초래할 뿐만 아니라(DeVita 등, 1991), 고관절에서의 스트레

스와 중둔근의 근활성도에도 변화를 주는 등 동역학적인 면에서는 불균형이 나타나지만(Neumann과 Cook, 1985), 신체 외측에 위치한 부하를 신체 중심선으로 이동시켜(Negrini와 Negrini, 2007) 균형을 유지하기 위한 자세 적응 기전이 작용하여 부하가 비대칭적으로 적용되어도 보행 시에서의 안정성이 유지되는 것이라고 볼 수 있을 것이다.

발은 우리 몸 전체의 1/4에 해당하는 수많은 뼈와 관절, 인대와 근육, 그리고 신경과 혈관들이 복잡하게 연결되어 조화를 이룬 인체 기관으로, 제2의 심장이라고 할 만큼 아주 중요한 신체 부위이지만, 일상생활 중에서 수면 시간을 제외하고는 대부분의 시간 동안 체중 부하가 이루어지고 있다(박성하 등, 2003). 가방을 메고 보행을 할 경우 부하로 인해 발에 가해지는 압력이 더 증가하게 되고, 이런 압력이 반복적으로 장시간 동안 발에 가해질 경우 피로 골절이나 근육통 등을 초래할 수 있는데, 이러한 문제를 해결할 수 있도록 보행 시 발에서 나타나는 변화 양상에 대해 좀 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

보행은 인체의 이동을 위한 가장 기본적인 방법으로(조현영, 1998) 정상적인 보행은 무게 중심의 부드러운 진행과 함께 사지가 조화롭게 움직여야 한다(홍대중 등, 1998). 그런데 잘못된 방법으로 부하를 짊어지고 보행을 하는 동안 무의식적으로 비정상적인 보행 패턴이 형성될 경우 이를 교정하기는 무척 어렵다. 따라서 이러한 문제점이 발생하기 이전에 올바른 부하 운반 방법에 대한 교육을 통해 미리 예방을 하는 것이 최선의 방법이라 생각한다.

V. 결 론

본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 부하의 위치가 보행 시 족저압 중심의 이동 경로에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 다양한 가방 휴대 방법을 적용하여 족저압을 측정하였다. 실험 전에는 부하의 위치가 보행 시 족저압 중심의 이동 경로에 영향을 주어 경로 변화가 조건에 따라 차이가 클 것으로 예상하였다. 그러나 본 연구 결과에서는 가방 휴대를 통한 부하의 위치 변화와 비대칭성 부하

는 보행 시 족저압 중심의 이동 경로에 약간의 변화는 주었지만, 다소 불규칙한 변화를 보인 부분이 있어 부하의 위치가 보행 시 족저압 중심 이동에 영향을 미쳤다고 결론을 내리기가 어려울 것으로 본다. 아마도 이는 신체에 비대칭적인 부하가 가해질 경우 균형 유지를 위한 자세 적응 기전이 작용해 체간과 사지의 자세 변화가 일어난다는 선행 연구를 통해서도 알 수 있듯이, 입각기 동안 기저면에서 족저압 중심 이동 경로의 위치 변화를 최소화하여 보행의 안정성을 획득하려는 자세 정렬의 변화로 인한 결과라고 생각된다.

참 고 문 헌

고은경, 정도영, 당뇨발을 위한 생체역학적 치료방법들에 관한 고찰. 대한물리치료학회지. 2007;19(5):51-63.

공원태, 한진태, 노효련, 수축-이완 운동이 기능적 하지길이 불균형과 하지 근활성도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2009;21(1):49-56.

김경, 박영환, 배성수, 발 압력 측정계(F-mat과 F-scan system)의 신뢰성과 타당성에 대한 연구. 대한물리치료학회지. 2000;12(2):29-37.

김민희, 아동에게 다양한 책가방 적용 시 목주변근의 근전도와 전방머리자세의 변화. 연세대학교 대학원 석사학위 논문. 2006.

김용재, 지진구, 김정태 등, 20대 여성의 신발종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구. 한국운동역학회지. 2004;14(3):83-98.

김정태, 박성현, 성인 여성의 체중별 족저압 중심이동 분석. 경남체육연구. 2005;10(1):59-65.

김지혜, 골반동작을 이용한 체간조절이 편마비 환자의 족저압에 미치는 영향. 용인대학교 재활보건과학대학원 석사학위 논문. 2007.

김창국, 신동민, 책가방의 휴대방식에 따른 보행 주기와 자세의 변화에 대한 운동학적 분석. 한국사회체육학회지. 1995;3(1):175-85.

문혜원, 박상일, 나은우 등, F-scan System을 이용한 정상인의 보행 시 족저압 분포. 대한재활의학회지. 1995;19(2):289-95.

박성하, 김용환, 박세진, 보행분석 시스템을 이용한 보행평가. 한국감성과학회지. 2003;6(4):25-32.

박은숙, 박창일, 김종연 등, 경직형 뇌성마비 환자의 보행 시 족저압 분포 및 족저압 중심의 이동경로. 대한재활의학회지. 2002;26(2):127-32.

박지원, 남기석, 백미연, 편마비 보행 시 족저 압력 중심의 이동특성과 동적균형능력의 상관관계 연구. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):11-21.

백남중, 임민식, 보행시 족저압 중심의 이동 경로에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1997;21(4):762-71.

안준수, 솔더백의 일측성 부하가 보행 시 몸통과 골반 움직임 양상에 미치는 영향. 연세대학교 보건환경대학원 석사학위 논문. 2006.

양두창, 장성호, 최기섭 등, 당뇨병 환자에서 맨발과 당뇨화 착용 후 족저압 비교. 대한재활의학회지. 2003;27(4):600-4.

오정환, 최수남, 학교 가방 끈 길이가 보행 자세에 미치는 영향. 한국사회체육학회지. 2007;30:619-29.

우동필, 운반작업의 보행 특성과 생리학적 작업부하 분석. 동아대학교 대학원 박사학위 논문. 2001.

이규한, 박시복, 이상건 등, 족저압 측정에 의한 정상인 Stance Phase의 분석. 대한재활의학회지. 1996;20(2):524-31.

이수연, 손길수, 전해진 등, 치료적 운동이 노인의 균형과 보행에 미치는 효과. 대한물리치료학회지. 2007;19(2):1-10.

정동훈, 권혁철, 자세와 균형 조절에 관한 연구. 대한물리치료학회지. 1999;11(3):23-36.

정형국, 배성수, 인체 중심과 분절 중심에 대한 연구. 대한물리치료학회지. 1993;5(1):61-9.

조성초, 책가방 무게가 초등학생의 보행에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지. 2001;19(2):303-10.

조현영, 등가방 무게에 따른 보행의 운동학적 특성 분석. 호남대학교 학술논문집. 1998;19(2):1305-16.

최진호, 정병옥, 권영실 등, 고유수용성 신경근 촉진법이 편마비 환자의 보행에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 1999;11(1):121-7.

홍대중, 박시복, 이상건 등, 족저압 측정에 의한 편마비 환자의 입각기의 분석. 대한재활의학회지. 1998;22(5):1123-8.

- 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.
- de Haart M, Geurts A, Huidekoper S et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patient: A rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004;85:886-95.
- DeVita P, Hong D, Hanmill J. Effects of asymmetric load on the biomechanics of walking. *J Biomech*. 1991;24(12):1119-29.
- Fowler NE, Rodacki ALF, Rodacki CD. Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait Posture*. 2006;23(2):133-41
- Han T, Paik NJ. Quantification of the path of center of pressure (COP) using an F-can in-shoe transducer. *Gait and Posture*. 1999;10:248-54.
- 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.
- Kiriyama K, Warabi T, Kato M et al. Progression of human body sway during successive walking studied by recording sole-floor reaction forces. *Neurosci Lett*. 2004;359:130-2.
- 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.
- 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.
- 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.
- Neumann DA, Cook TM. Effect of load and carrying position on the electromyographic activity of the gluteus medius muscle during walking. *Phys Ther*. 1985;65(3):3305-11.
- Pascope D, Pascoe D, Wang Y et al. Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics*. 1997;40(6):631-41.
- Resch S, Apelqvist J, Stenstrom A et al. Dynamic plantar pressure measurement in 49 patient with diabetic neuropathy with or without foot ulcers. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3:165-74.
- Rosenbaum D, Becker HP. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3(1): 1-14.
- Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *CMAJ*. 2002;167(6):669.