

젊은 성인 여성의 휴대 가방 위치가 보행 후 정적 균형 변화에 미치는 영향

김진섭 · 김 경¹ · 전덕훈¹

안동과학대학 물리치료과, ¹대구대학교 물리치료학과

The Effect of Changes in Young Women's Static Balance after Performing Walking Task with Different Carrying Bag Positions

Jin-seop Kim, PT, MS, Kyoung Kim, PT, PhD¹, Deok-hoon Jun, PT, BS¹

Department of Physical Therapy, Andong Science College

¹Department of Physical Therapy, Daegu University

<Abstract>

Purpose : This study was designed to identify the effects of carrying bag positions (None, left hand, right hand, left shoulder, right shoulder) on static balance.

Methods : Fourteen healthy adult females participated in the this study. The exclusion criteria were orthopedic or neurologic disease, predominant left side. Measurements were performed initial effects. Results were evaluated by OSI, APSI, and MLSI in the biodex stability system.

Results : There are among the three assessments (overall stability index(OSI), antero-posterior stability index (APSI), medio-lateral stability index(MLSI) significant difference for the carrying bags positions (None bag, left hand, right hand, left shoulder, right shoulder)($p<.05$). The post-hoc test revealed a significant difference between none bag and both left hand and left shoulder in the OSI, APSI, MLSI ($p<.05$). Also, comparing the carrying positions significant difference between right hand and both left hand and left shoulder in the MLSI ($p<.05$).

Conclusion : The results suggest that none dominant side with carrying bag improve more imbalance than none bag and right hand of dominant with carrying bag improve more balance than non dominant side. When comparing the four carrying bag conditions, right hand was more effective than another conditions in static balance.

Key Words : Carrying bag, Balance, Antero-posterior stability index, Medio-lateral stability index.

I. 서 론

휴대용 가방은 패션의 한 부분으로 인식되어 다양한 형태로 발전하고 있으며 성인 여성들에게는 필수 아이템으로 여겨지고 있다. 휴대용 가방은 패션과 더불어 무거운 짐을 보다 효율적이고 편리하게 이동 할 수 있어 선호도는 증가 하는 추세다. 선호도가 증가하는 만큼 다양한 가방 형태의 변화로 인하여 휴대 하는 방법도 변하고 있다(안준수, 2006).

특히 일상생활에서 가방을 이용하여 특정 도구를 가지고 보행을 하는 것은 인간의 생활에서 중요한 움직임이라고 할 수 있으며, 이러한 수행 능력은 신체의 협응을 통하여 균형을 유지하거나 혹은 신체의 중심을 이동 시키는 기본적인 형태라고 할 수 있다(채원식, 2006). 그 중에서 무게가 있는 물건을 가지고 보행을 할 경우 중력 중심선이 바뀌게 되며 인체의 분절은 부정렬로(malalignment) 인하여 균형 유지를 하는데 많은 에너지를 사용하게 된다(조성초, 2001). 그럼에도 불구하고 현대 여성들은 등을 이용하는 일반적인 가방 휴대 방법 보다는 가방을 편측 어깨에 메거나 또는 편측 손으로 휴대함으로써 체간에 일측성 부하가 지속적으로 가해지게 되는 방법을 사용한다(안준수, 2006). 일측성 부하가 지속적으로 증가하게 되면 인체는 무의식적으로 외력에 대한 체간 균형을 유지하기 위하여 보상 전략으로 체간의 불균형을 만들고 비정상적인 자세를 지속적으로 유지 하게 된다(진성태 등, 1997).

체간의 균형은 정상적인 근 수축을 유도하여 신경계에 의한 조절로 상호 보완되어야 하지만(Schulmann 등, 1987), 지속적인 일측성 부하는 신체의 반복적인 스트레스를 증가시켜 근육과 신경의 조절이 약해지고 근 골격계의 문제를 발생 시킨다(Whittfield 등, 2001). 따라서 근 골격계의 손상은 균형 수행 능력에 영향을 미치게 되며, 신체의 운동을 조절하려는 전략적인 움직임의 제한이 발생하게 된다(Nies와 Sinnott, 1991). 장시간 동안 지속되는 일측성 가방 착용은 좌우 체간의 비대칭적인 근 활성도가 나타나게 되며 체간 비대칭적인 불안정성뿐만 아니라 균형을 유지하는 능력에도 영향을 미치

게 되고(Motmans 등, 2006), 그로 인하여 신체의 역학적인 측면뿐만 아니라 생리학적인 불균형으로 말초의 불균형이 중추신경계의 변화를 일으키며 이와 같은 변화는 질병의 원인이 된다(Nigg, 1986). 실제 과도한 무게의 배낭을 짰을 때 정상 성인의 분절간 움직임에서 변화되는 것이 보고되었으며(Vacheron 등, 1999), 무거운 가방은 목, 허리, 등과 같은 근골격계질환의 원인이 되고 있다(Holewijn, 1990). Motmans 등(2006)은 가방을 등에 멜 때, 앞으로 멜 때, 앞뒤로 멜 때, 교차하여 멜 때의 복직근(retus abdominalis)과 척추기립근(erector spinae)의 근전도의 변화를 연구한 결과 일측성 보행 시 좌우 비대칭적인 근활성도가 나타난다고 보고하였으며, 김창국과 신동민(1995)은 책가방의 휴대 방식에 따른 자세 변화에 대한 운동학적인 분석에서 하나의 스트랩으로 책가방을 휴대 하였을 때 어깨와 척추의 각도가 가장 많이 변화 되었고 두 개의 스트랩으로 가방을 휴대 하였을 때 또한 가방을 휴대 하지 않았을 때보다 어깨와 척추의 각도가 증가 되는 것을 보고 하였다. Grimmer 등(2002)는 가방의 높이에 따른 청소년의 자세에 대한 연구에서 가방의 위치는 신체 중심에서 끝반이나 엉덩이가 가장 좋은 높이라 보고 하였으며, Negrini와 Negrini(2007)은 학생들이 가방을 비대칭적으로 착용 하였을 때 체간의 회전과 어깨의 비대칭성이 관상면과 시상면 모두에서 유의한 차이가 났으며 가방의 무게가 증가 할수록 자세의 변화가 증가 된다고 보고 하였다. 하지만 선행 연구의 대부분은 성장기 아동이나 청소년을 대상으로 연구 하였고 무게 변화에 따른 체간 정렬이 근 활성도와 분절의 변화에 대한 연구가 주를 이루었다. 하지만 여성의 사회 참여 증가로 인하여 가방을 휴대하는 빈도와 시간이 매우 높아 졌고 이에 대한 연구는 미비한 실정이며 특히 가방을 휴대하는 위치에 따른 여성의 정적인 균형에 관한 연구는 거의 보고 되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 현대성인 여성들이 가방을 휴대한 위치에 따른 정적 균형능력을 정량적으로 분석하여 우세측과 비우세측에서 가방을 휴대 시 나타나는 현상을 분석 하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구 기간

본 연구의 대상자는 경북 D 대학교에 재학 중인 여학생 20명을 대상으로 하였다. 대상자 선정기준은 균형을 유지하는데 방해가 되는 신경학적, 정형 외과적 문제가 없는 자, 시각장애가 없는 자, 오른 손을 우세 손으로 사용하는 자로 하였다. 본 연구는 2010년 5월 1일부터 5월 30일 까지 실시하였으며 실험 전 본 연구의 취지에 대한 설명을 충분히 하고 참여에 동의 의사를 밝힌 대상자로 하였다. 실험 전 우세 손이 왼쪽 손인 4명의 여학생이 선정 기준에서 탈락하였고, 나머지 2명은 개인적인 사유로 인하여 나오 되어 총 14명의 대상자가 본 연구에 참여 하였다. 우세손과 비우세손의 구분은 특정 과제를 주었을 때 먼저 사용하는 손을 우세 손으로 정의 하였다.



Fig 1. biodex stability system

Table 1. General characteristics of subject

	Age(year)	Weight(kg)	Height(cm)
Subjects	23.76 (2.51)	52.83 (9.60)	162 (7.15)

n=14

Note. Standard deviation in parentheses

2. 실험 방법

1) 측정 도구

본 실험의 측정 장비는 대상자들의 균형을 평가하기 위해서 Biodex Stability System (BBS)(Biodex Inc, Shirley, 영국)을 이용하여 균형을 측정하였다. 균형 판에는 균형을 평가하기 위한 소프트웨어 (Biodex Ver 3.1)를 이용하여 정적 균형 능력을 분석 했다(Arnold와Schmitz, 1998) (fig 1). 자세 안정성 측정은 전체 동요율 지수(overall stability index, OSI), 전후 동요율 지수(antero-posterior stability index, APSI), 내 외측 동요율 지수(medio-lateral stability index, MLSI)로 나타내었고 수치가 증가 할수록 균형 수행능력은 감소함을 나타낸다.

2) 연구 절차

본 연구의 실험 설계방법은 모든 연구대상자들이 순서 없이 각각의 실험처치에 모두 참여하는 무작위 배정 교차 설계(Randomized cross over trial)를 이용하였다. 연구에 참여한 14명의 대상자는 5가지의 다른 휴대 조건으로 가방을 착용 하였다. 1) 가방 미소지. 2) 오른쪽 어깨. 3) 오른쪽 손. 4) 왼쪽 어깨. 5) 왼쪽 손에 가방을 휴대하도록 하였다. 어깨에 가방을 메었을 때는 가방의 상단 끝부분이 피험자의 옆구리 장골 능선에 위치하도록 하였으며(김창국 과 신동민, 1995; 안준수, 2006), 손으로 휴대를 하는 경우에는 가방에 부착된 손잡이를 각각 손에 잡고 휴대하도록 하였다(Crowe와 Samson, 1997)

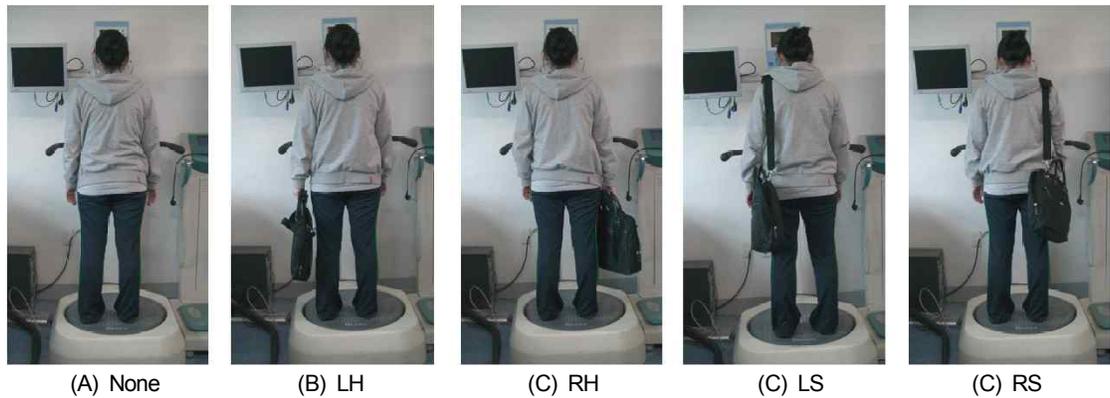


Fig 2. the different carrying bag positions

(fig 2).

가방을 휴대하는 순서를 정하기 위하여 1번부터 5번까지의 카드를 무작위로 추첨하여 추첨된 순서대로 5가지 휴대 조건들에 따라 실험을 실시하였다. 5가지의 다른 휴대 조건은 미리 추첨되어진 순서대로 트레드밀 보행을 실시하였다. 보행 속도는 정상 성인의 평균 속도인 4km/h로 일정하게 하였고 (Rose 등, 1991) 경사가 없는 수평 상태에서 5분 동안 걷게 하였다. 측정은 5분간 트레드밀 보행 즉시 가방을 착용한 상태로 BBS를 이용하여 2분간 측정하였으며 1분간 휴식 후 2회 평균을 통하여 균형 지수를 도출 하였고 대상자 한 명당 평균 5일의 시간이 소요 되었다.

가방은 가로 37cm, 세로 30cm, 폭 10cm의 어깨와 손으로 휴대 할 수 있는 가방을 이용 하였으며, 가방의 무게는 부하 양에 따라 보행 속도가 감소하고 두발 서기 시간이 증가되며 골반 움직임의 차이가 발생하는 체중의 약 10%로 하였다(Chow 등, 2005).

무게 조절은 미리 준비 해 놓은 0.5kg부터 4.0kg까지 모래주머니를 적절하게 이용하여 체중의 10%로 가방 무게를 맞추었다. 가방의 휴대 조건에 따라 이월 효과를 최소화하기 위하여 휴대 위치 간 균형 평가는 최소한 24시간의 휴식 시간을 가졌다(Lee와 Ng, 2008).

3) 측정 방법

BBS 균형 지지대는 Level 6단계인 안정된 지면 조건에서 시작하여 Level 1단계인 불안정한 지면 조건으로 구성 되어 있으며 안정된 지면 조건에서 불안정한지면 조건으로 자동으로 변화되며 측정 시간은 2분이다. 연구 대상자는 신발을 벗은 상태로 실험을 하였으며 발은 어깨넓이로 벌리고 양팔은 가볍게 호주머니 옆선에 붙이고 편안한 상태로 선다. 안정적으로 균형을 잡았을 때에 대상자는 모니터로 보이는 점이 과녁 가운데 오도록 체중을 이동한다. 이 때 발은 보드에 고정시키고 무릎을 굽히지

Table 2. The comparison of carrying back positions.

	None	Left hand	Right hand	Left shoulder	Right shoulder	F
OSI	3.77 (1.08)	6.16 (2.11)	4.60 (1.56)	6.28 (1.71)	5.46 (1.81)	5.59*
APSI	2.94 (0.79)	4.72 (1.85)	3.66 (1.17)	4.78 (1.44)	4.34 (1.64)	4.19*
MLSI	2.54 (0.87)	4.16 (1.22)	2.94 (1.29)	4.27 (1.03)	3.46 (0.97)	6.65*

Note. *significant difference between None and others at $p < 0.05$, Standard deviation in parentheses, OSI:overall stability index, APSI:antero-posterior stability index, MLSI:medio-lateral stability index

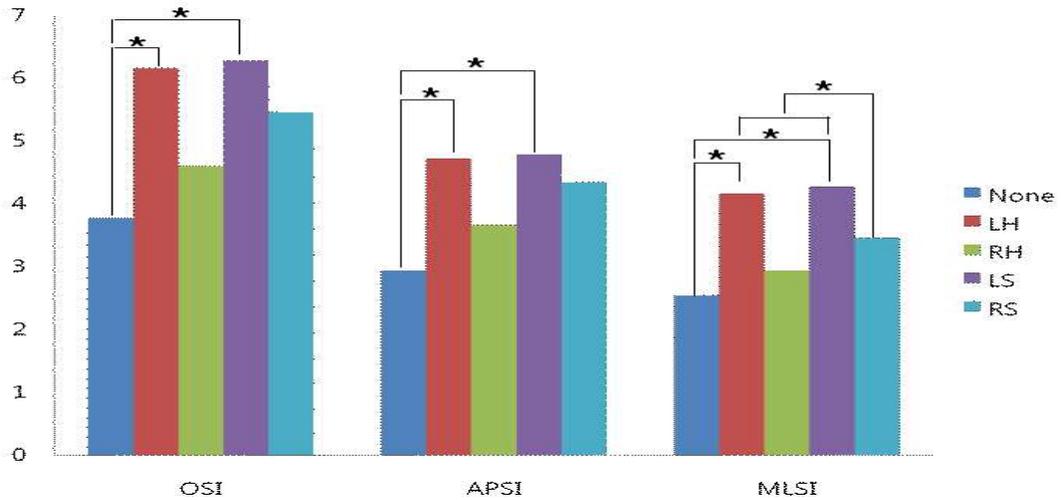


Fig 3. comparison of carrying bag positions

않은 상태에서 상체의 움직임만을 이용한다. 과녁 점이 한가운데 놓이게 되면 검사가 시작되고 시작과 동시에 화면에서 보이는 시각적인 정보를 차단하며 시선은 미리 정해놓은 정면 표적을 응시하도록 지시하였다(김연희, 2009). 검사 간에는 최소한의 근 피로를 줄이기 위하여 1분 동안 휴식 시간을 가진다.

3. 자료 분석

본 연구의 모든 통계적 분석은 SPSS Ver 12.0을 이용 하였으며, 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다. 가방을 휴대하는 위치에 따른 정적 균형 능력을 알아보기 위하여 반복측정 일원 배치분산분석(one way repeated measure ANOVA)를 실시하였으며 가방을 휴대한 조건간의 차이를 알아보기 위하여 사후검정은 분포포니 수정법 (Bonferroni)를 사용 하였고 유의수준 $\alpha = .05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 전체 동요 율 지수 (OSI)

전체 동요율 지수에서는 가방의 휴대 조건에 따

라 통계적으로 유의하게 차이가 있었다($p < .05$). 사후검정 결과 왼쪽 손(Left hand)과 왼쪽 어깨(Left shoulder)에 가방을 휴대한 조건에서는 가방을 미소지(None)한 조건 보다 균형능력이 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$)(table 2).

2. 전-후방 동요 율 지수 (APSI)

전 후방 동요율 지수에서는 가방의 휴대 조건에 따라 통계적으로 유의하게 차이가 있었다($p < .05$). 사후검정 결과 왼쪽 손과 왼쪽 어깨에 가방을 휴대한 조건에서 가방을 미소지한 조건 보다 전 후 균형능력이 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$)(table 2).

3. 내-외측 동요 율 지수 (MLSI)

내 외측 동요율 지수에서는 가방의 휴대 조건에 따라 통계적으로 유의하게 차이가 있었다($p < .05$). 사후검정 결과 왼쪽 손과 왼쪽 어깨에 가방을 휴대한 조건에서 가방을 미소지한 조건 보다 전 후 균형능력이 통계적으로 유의하게 감소하였고($p < .05$), 왼쪽 손과 왼쪽 어깨에 가방을 휴대한 조건에서 가방을 우측 손에 휴대한 조건에서 내 외측 균형능력이 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$)(table 2).

IV. 고 찰

본 연구의 주된 목적은 휴대용 가방의 위치에 따라 성인 여성에게 미치는 정적 균형 상태를 알아보고 올바른 휴대 가방 착용 법을 제시 하고자 건강한 성인 여성을 대상으로 실험을 진행 하였다. 그 결과 가방을 휴대 하였을 때 보다 가방을 휴대 하지 않았을 때 정적인 균형능력이 높아 졌으며, 가방을 휴대 하였을 때는 비 우세측 보다 우세측으로 휴대 하였을 때 균형 능력이 높아 졌고, 특히 어깨 보다는 손에 가방을 휴대 하였을 때 균형능력이 더 높아 지는 결과를 나타 내었다.

본 연구에 참여한 대상자는 여성으로 제한이 되어 있는데 그 이유는 Crosbie 등(1994) 연구에서 여성이 남성보다 일측성 부하에 대하여 보행과 자세에서 더 큰 신체 영향을 받는다고 보고 했기 때문이다. 또한 본 연구에서는 가방을 무작위로 추첨 된 착용 순서로 휴대하고 5분간 트레드밀 보행 후 정적 균형 능력을 2분간 평가 하였는데, 트레드밀을 걷고 균형 능력을 평가한 이유는 Negrini와 Negrini(2007)연구 설계를 수정 보완 하였으며, 5분간 트레드밀을 보행 시킨 이유는 성인 여성들이 교통수단을 이용 후 목적지로 걷는 시간이 약 5분 정도 걸리는 것에 착안 하여 본 연구에서는 보행 후 정적 균형을 측정 하였다.

책가방의 무게는 평균적으로 몸무게의 10%~20%로 알려져 있고(Forjuoh 등 2003; Grimmer과 Williams, 2000; Whittfield 등, 2001), 이를 바탕으로 어깨에는 가방은 일반적으로 등가방보다 가벼운 것을 고려하여 대상자 몸무게의 10%로 설정 하였다. 균형 능력 평가에 있어서는 Biodex Stability System(BSS)을 이용하였는데, BSS는 전체적인 동요율과 전 후, 내 외측의 동요 율을 평가하는 장비로 잘 알려져 있으며, 정상인은 물론 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 균형을 측정하기 위해 사용되어 지고 있으며(김연희, 2009; Arnold와 Schmitz, 1998; Pereira 등, 2008), 전체 동요율 지수(OSI), 전 후 동요율 지수(APSI), 내 외측 동요율 지수(MLSI)의 수치가 낮을수록 균형 유지가 좋은 것을 의미 한다.

본 연구 결과에서는 전체적인 동요지수와 전후방

동요지수 그리고 내 외측 동요지수 값이 가방을 휴대하지 않았을 때 보다 가방을 휴대 하였을 때 동요지수가 증가 하여 정적인 균형 능력이 감소되는 것을 보였다. 이는 Grimmer 등(2002) 연구에서 청소년에게 등 가방을 이용하여 가방의 무게를 증가시켰을 때 자세 반응을 평가한 연구에서 시상면에서 움직임 변화가 증가하는 것을 보였고 이러한 등가방의 등쪽 체중 부하는 발목 앞쪽으로 해부학적인 위치가 이동하게 된다고 보고되어 있는데(Chansirinukor 등, 2001) 그것은 외부적인 무게 부하를 보상하기 위하여 반대편으로 중력 중심선을 이동하는 것으로 생각 할 수 있다. 본 연구에서 또한 일측성으로 가방을 소지 하였을 때에는 가방을 미소지 하였을 때 보다 반대측으로 중심이 이동하였다. 반면 Crowe와 Samson(1997) 연구에서 한 쪽 손에 아령을 들고 보행 했을 때 체중 분배에 대한 연구에서 체중이 가해 진 쪽으로 압력이 증가 한다고 보고 하였는데, 이는 일측성으로 부하가 되면 발 아래의 압력 분포는 부하가 가해진 방향으로 이동을 하지만 비대칭적인 부하를 보상하기 위하여 중력중심선을 체중이 적게 부하되는 쪽으로 보상하면서 동요율이 증가 되었을 것이라 사료된다. 따라서 본 연구에서도 가방을 휴대한 조건에서 가방을 휴대하지 않은 조건보다 동요율이 증가 한 것으로 사료 된다.

Negrini와 Negrini(2007)연구에서는 학생들을 7분간 걸은 후 한쪽 어깨에 가방을 휴대하였을 때와 양쪽으로 가방을 휴대 하였을 때 체간과 어깨 그리고 척추의 변화에 대한 비교 연구에서 체중이 부하되는 반대편으로 체간을 측굴 할 뿐만 아니라 어깨 또한 거상이 되어 보상 작용을 한다고 보고되었는데 본 연구에서 또한 이러한 보상으로 인하여 내외측 동요가 증가 하였을 것이라 생각된다. 또한 일측성 부하에 대한 보상 작용으로 인하여 일측성 부하가 일어나는 반대측으로 척추를 측굴과 함께 생역학적으로 회전이 발생하게 되는데, 이는 안준수(2006)의 연구에서 일측성의 무게 부하는 정상 보행 시보다 골반이 비대칭적으로 움직이며 운동 범위가 변화 한다고 하였으며 본 연구에서 또한 일측성 부하를 하였을 때 동요율이 증가 되는 것과 유사한

결과를 나타내었다.

박수진 (2008)연구에서는 가방을 휴대한 위치에 따른 족저 압력에 대한 연구에서 다양한 휴대 조건으로 보행 시 가방을 우세측 손에 휴대하였을 때 족저 압력의 분포에서 입각기 동안 안정성과 함께 운동성이 증가한다고 보고 하였는데, 본 연구에서 또한 우세측 손으로 가방을 휴대하고 균형을 측정하였을 때 정적 균형이 증가 되는 것과 유사한 결과를 나타 내었다. 또한 일측성 무게 부하로 인해 무게 중심이 몸의 중앙선에서 벗어나게 되면 보상 작용으로 머리의 전방 굴곡이 발생하게 되고 무게가 실린 반대쪽 고관절의 외전 토크를 증가시켜 동측 고관절의 토크가 감소되며(Matsuo 등, 2008), 부하가 실리는 반대쪽 중둔근의 활성도가 증가하여 근의 비대칭성을 증가시킨다고 하였다(Neumann과 Cook, 1985). 이는 본 연구에서 일측성 부하로 인하여 전 후 및 좌우로 움직이는 본 연구를 지지 할 수 있다.

본 연구에서는 정적 균형 시 근 활성도 및 동작 분석기를 통한 운동역학적인 부분을 측정할 수 없었던 제한점이 있으며, 여성들이 일반적으로 가방을 메고 걷는 평균 걷는 시간이 선행되어 연구되지 않았다. 또한 대상자가 적어 모든 여성들에게 일반화 시킬 수 없었다. 따라서 향후 연구에서는 일반 성인 여성이 보행하는 거리를 선행 하여 측정하고 정적인 균형 뿐만 아니라 기능적인 균형을 포함 시켜 연구해야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 휴대 가방 위치에 따른 정적 균형 능력을 평가 한 결과 가방을 소지 하지 않았을 때 균형 능력이 가장 좋았고 가방을 착용 하였을 때에는 우세 측으로 휴대 하는 것이 정적인 균형 능력에 좋았다. 특히 우세측 손으로 가방을 휴대 하였을 때에는 비우세 측 어깨와 손 보다 정적인 균형 능력이 증가함을 보였다. 따라서 성인 여성들이 보행 후 서 있는 자세를 취할 때 는 우세 측 손으로 가방을 소지 하는 것이 균형을 유지하는데 효과적임을 정량적으로 분석했다.

참 고 문 헌

- 김연희. 하지복합운동이 뇌졸중 환자의 균형능력에 미치는 효과. 단국대학교 교육대학원. 석사학위논문. 2009.
- 김창국, 신동민. 책가방의 휴대방식에 따른 보행 주기와 자세의 변화에 대한 운동학적 분석. 한국사회체육학회지. 1995;3(3):175-85.
- 박수진. 가방 휴대 방법에 따른 보행 시 족저압의 변화 분석. 대구대학교 재활과학대학원. 석사학위논문. 2008.
- 안준수. 솔더백 일측성 부하가 보행 시 몸통과 골반 움직임 양상에 미치는 영향. 연세대학교 보건환경대학원. 석사학위 논문. 2006.
- 조성초. 책가방 무게가 초등학생의 보행에 미치는 영향. 대한스포츠의학학회지. 2001;19(2): 303-10.
- 진성태, 권영후, 곽창수 등. 스포츠생체역학2(1급경기지도자 연수교재). 서울. 한국체육과학 연구원. 1997.
- 채원식. 톨러 신발과 조깅 슈즈 신발 착용 후 보행 시 지면반력의 형태 비교 분석. 한국운동역학회지. 2006;16(1):101-8.
- Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. J Athl Train. 1998;33(4):323-7.
- Chansirinukor W, Wilson D, Grimmer K et al. Effects of backpacks on students: measurement of cervical and shoulder posture. Aust J Physiother. 2001;47(2):110-6.
- 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.
- Crosbie J, Flynn W, Rutter L. Effect of side load carriage on the kinematics of gait. Gait Posture. 1994;2(2):103-8.
- Crowe A, Samson M. 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.
- Forjuoh SN, Little D, Schuchmann JA et al. Parental

- knowledge of school backpack weight and contents. *Arch Dis Child*. 2003;88(1):18-9.
- Grimmer K, Dansie B, Milanese S et al. Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2002;3:10.
- Grimmer K, Williams M. Gender-age environmental associates of adolescent low back pain. *Appl Ergon*. 2000;31(4):343-60.
- Holewijn M. Physiological strain due to load carrying. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61(3-4): 237-45.
- Lee GP, Ng GY. Effects of stretching and heat treatment on hamstring extensibility in children with severe mental retardation and hypertonia. *Clin Rehabil*. 2008;22(9):771-9.
- Matsuo T, Hashimoto M, Koyanagi M et al. Asymmetric load-carrying in young and elderly women: relationship with lower limb coordination. *Gait Posture*. 2008;28(3):517-20.
- Motmans RR, Tomlow S, Vissers D. Trunk muscle activity in different modes of carrying schoolbags. *Ergonomics*. 2006;49(2):127-38.
- Negrini S, Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis*. 2007;2:8.
- 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):305-11.
- Nies N, Sinnott PL. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(3): 325-30.
- Nigg BM. *Biomechanics of running shoes*. Champaign IL: Human Kinetics. 1986.
- Pereira HM, de Campos TF, Santos MB et al. Influence of knee position on the postural stability index registered by the Biodex Stability System. *Gait Posture*. 2008;28(4): 668-72.
- Rose J, Gamble JG, Lee J et al. The energy expenditure index: a method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 1991;11(5): 571-8.
- Schulmann DL, Godfrey B, Fisher AG. Effect of eye movements on dynamic equilibrium. *Phys Ther*. 1987;67(7):1054-9.
- Vacheron JJ, Poumarat G, Chandezon R et al. Changes of contour of the spine caused by load carrying. *Surg Radiol Anat*. 1999;21(2):109-13.
- Whittfield JK, Legg SJ, Hedderley DI. The weight and use of schoolbags in New Zealand secondary schools. *Ergonomics*. 2001;44(9):819-24.