

계단 오르기과 내리기 시 가방착용 위치가 지면반력 파라미터에 미치는 영향

현승현¹·류재청¹

¹제주대학교 자연과학대학 체육학과

Influence on the Ground Reaction Force Parameters According to Wearing Positions of Backpacks During Stair Ascending and Descending

Seung-Hyun Hyun¹ · Che-Cheong Ryew¹

¹Department of physical education, College of Natural Science, Jeju National University, Jeju-do, Korea

Received 19 January 2015; Received in revised form 22 March 2015; Accepted 27 March 2015

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to investigate the influence on the ground reaction force parameters according to wearing positions of backpack for during stair ascending and descending.

Methods : Participants selected as subject were consisted of young female(n=10) and performed stairs walks(ascending and descending) with 2 types of wearing position(front of trunk[FT], rear of trunk[RT]). Passive(Fz 1) and active(Fz 2) forces of the vertical GRF were determined from time function and frequency domain. Also shear forces(Fx, Fy 1, Fy 2), dynamic postural stability index(MLSI, APSI, VSI, DPSI), loading rate and center of pressure (Δ COPx, Δ COPy, COP area) were calculated from time function and frequency domain.

Results : Fx, Fy 1, Fy 2, and Fz 1 in GRF didn't show significant differences statistically according to the wearing positions of backpack($p>.05$), but stair descending showed higher forces than that of stair ascending. Particularly, Fz 2 of stair ascending showed higher forces than that of stair descending($p<.001$), RT types showed higher than that of FT types($p<.05$). MLSI, APSI, VSI, and DPSI of stair descending showed the increased stability index than that of stair ascending($p<.05$), MLSI of RT types showed the decreased stability index than that of FT types($p<.05$). Loading rate didn't show significant differences statistically according to the wearing positions of backpack($p>.05$), but stair descending showed higher loading rate than that of stair ascending($p<.001$). Also, Δ COPx in stair descending showed the increased movement than that of stair ascending($p<.05$).

Conclusions : A backpack of 10 kg(10 kg(ratio of body weights 17.61 \pm 1.17%)) showed significantly change GRF parameters according to wearing positions during stair ascending and descending. If possible, we suggest that the dynamic stability, in case of stairs walking with a smaller weights can be further improved.

Keywords : Stair Ascending, Stair Descending, Backpack, GRF Parameters, Position of Backpack

I. 서 론

가방(backpack)은 사용이 편리하며 안전에 위험이 없는 최적의 운반도구임에도 불구하고 항상 이슈가 되어왔다(Al-Khabbaz, Shimada, Hasegawa, & Inoue, 2010).

Corresponding Author : Che-Cheong Ryew
Faculty of Exercise and Sports Science, College of Natural Science,
Jeju National University, 1 Ara-dong, Jeju-do, Korea
Tel : +82-64-754-3588 / Fax : +82-64-757-1752
E-mail : ryew@jejunu.ac.kr

가방을 착용하면 서(standing)있거나 보행(gait)을 할 때 신체의 중심의 위치가 상승(raises)되기 때문에 정적·동적 조건에 따라 자세의 불균형을 유발할 수 있다(Singh & Koh, 2009). 이 조건들은 가방의 무게, 형태, 휴대위치, 분산, 끈 길이 등 적절하지 못한 휴대방식으로 자세의 불균형뿐만 아니라, 보행패턴(Macias, Murthy, & Chambers, 2008), 체간의 좌우 비대칭(asymmetry)과 근활성도에도 영향이 미치게 된다(Motmans, Tomlow, & Vissers, 2006).

이에 Negrini, S. & Negrini, A. (2007), Chow et al. (2005), Weir (2002)는 휴대하는 가방의 무게는 개인체중의 10%-15%

미만으로 유지하는 것이 스트레스 및 근골격계 문제가 유발되지 않는다고 보고하는 반면, Chansirinukor, Wilson, Grimmer, & Dansie(2001)는 체중의 15%인 경우에도 머리가 전방으로 숙여져 자세유지가 어렵다고 하였다. 또한 Kim & Lee (2013)는 10% 미만인 경우에도 신체의 에너지 소비증가 및 과도한 피로가 누적될 수 있으며, 이러한 기전은 BMI 29.46 kg/m²의 비만인들의 경우에도 예외일 수 없다고 하였다(Hyun, Lee, & Ryew, 2013). Park, Lee, & Kim (2012)은 가방의 무게로 인해 족저압의 크기가 가방을 휴대하지 않았을 때에 비해 더 증가하였지만, 가방 휴대방법에 따른 비교에서는 큰 차이가 없다고 하였고, Choi & Oh (2011)는 가방 끈 길이가 길어지면 인체의 보행 에너지 소모를 절약하기 위해 보폭의 감소 및 전경각 자세가 나타난다고 보고한다.

이외에도 효율적인 보행과 부상예방을 위해 전두용 배낭의 문제점 보완(Kim et al., 2011), 청소년과 어린이들의 가방무게에 따른 요통 및 근골격계 손상 발생률의 상관관계 연구도 이루어졌다(Korovessis, Koureas, Zacharatos, & Papazisis, 2005; Korovessis, Koureas, & Papazisis, 2004; Negrini & Carabona, 2002; Whittfield, Legg, & Hedderley, 2005).

하지만 더 중요한 사실은 무거운 물건을 운반하기 위해 가방을 착용한 후 계단에서도 보행이 이루어진다는 것이다(Hong & Li, 2005). 계단 오르는 수평·수직방향으로 신체중심의 들림(lifting) 현상이 평지보행 보다 더 크게 나타나고(McFadyen & Winter, 1988), 많은 근력과 균형성을 필요로 한다(Jun & Ryu, 2008). 또한 계단 내리기는 하향방향으로 신체가 이동되기 때문에 중력가속도의 영향을 받으며 지면 착지 시 수직지면반력은 한 번의 최대정점이 나타나(Hyun, Lee, & Ryew, 2014; Riener, Rabuffetti, & Frigo, 2002), 평지보행에 비해 역학적 노력이 더 많이 요구된다(Christina & Cavanagh, 2002). 이는 평지보행 시 수직지면반력 성분은 “M” 형태(Perry, 1992)로 두번의 정점이 생성되는데, 이는 수동력(passive force)과 관절 근(articular muscle)의 수축에 의해 발생하는 능동력(active force)이다. 전자의 수동력은 인대, 건, 그리고 근육의 비 능동 요소(inactive component) 등에 의해 발생(Hatze, 1997)되며, 즉 계단 내리기 시 생성되는 한번의 수직힘은 충격력이라 할 수 있다. 또한 체간을 수직선상과 유지하여 계단을 오르는 동작과는 다르게, 계단 내리기는 이보다 더 큰 후경각 자세를 유지하여 상체의 전방회전력을 감소시키는 등 체간의 기울기 각도는 매우 중요한 요인이다(Hyun & Ryew, 2013). Yoon(2008)에 의하면 계단 오르는 수직으로 움직임이 요구되기 때문에 몸을 멈추려는 노력인 Fy 1(제동력)이 불필요하고, 계단 내리기는 평지보행과 같은 Fy 2(추진력)가 필요 없다고 하였다. 하지만 가방착용은 신체에 하중이 더 가중되고 착용하는 위치변화에 따라 동적안정성 및

지면반력 파라미터에 서로 다른 차이가 발생할 수 있다.

특히, 작업 현장이나 일상생활, 그리고 가정에서 부하에 따른 보행은 흔히 발생되며(Bhambhani, Buckley, & Maikala, 1997; Chow et al., 2005; Fiolkowski, Horodyski, Bishop, Williams, & Stylianou, 2006; Hall, Boyer, Cillette, & Mirka, 2013; Moon & Chun, 2013; Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Shim, & Kim, 1997; Smith et al., 2006), 개인의 목적에 따라 부하위치는 달라질 수 있다.

Motmans 등(2006)은 이러한 이유로 가방을 이용하여 체간의 전방 및 여러 착용위치에 따른 비교를 실시한 결과, 근육활동의 비대칭성과 체간의 안정화 및 허리통증 발생에 차이가 발생된다고 하였고, Hsiang과 Chang(2002)도 평지 보행에서 많은 위험 인자 식별, 그리고 보행안정성을 정량화하기 위해 체간의 전방과 전·후방, 후방, 그리고 손을 이용한 휴대 등, 여러 가방위치에 따른 지면반력 변인을 조사하여 성공적인 체중전송의 신뢰성과 관련 연구도 이루어졌다.

하지만, 계단에서 가방 및 중량부하와 관련 선행연구들은 어린이, 초등학생, 성인 남성을 대상으로 이루어졌으며, 최근 Hyun, Lee와 Ryew(2014), Hyun과 Ryew(2014)가 핸드백을 이용한 연구가 이루어졌지만 5 kg 무게 미만으로 일상생활에서 좀 더 다양한 휴대위치와 무게를 적용한 운동역학적 분석과 관련 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 성인 여성들이 계단 오르기과 내리기 시 가방착용 위치에 따른 지면반력 파라미터를 분석하기 위해 실시하였다. 분석변인으로는 지면반력 3방향(X, Y, Z) 성분에서 불규칙적인 성분의 좌·우 지면반력과 전·후(전단력), 수직지면반력(passive force[Fz 1], active force[Fz 2]), 동적안정성 지수(MLSI, APSI, VSI, DPSI), 부하율(loading rate) 및 COP 변인(ΔCOP_x , ΔCOP_y , COP area)을 비교분석하였고, 계단 보행 시 가방 착용위치에 따른 지면반력 특징과 부상예방을 위한 정량적 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

이 연구를 위해 대상자는 성인 여성 10명으로 선정하였고, 이들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다. 특히, 계단 내리기 시 우세(dominant)·비우세(non dominant)측 가방착용에 따라 역학적 변화에 서로 다른 차이가 발생된다는 Hyun 등(2014)의 자료를 참고하여, 본 연구의 실험 전 모든 대상자들에게 우세·비우세 측 다리 여부를 진술에 의존한 결과, 모두 우측이 우세 다리였다.

Table 1. Characteristics of subjects (n=10)

Section	Age (yrs)	Height (cm)	Body mass (kg)
1	22	167.2	60.1
2	21	163.5	53.6
3	22	168.5	59.6
4	22	166.1	60.2
5	22	163	50.6
6	20	167.5	52.2
7	20	168.5	58.8
8	22	169.5	59.8
9	22	162.3	55.9
10	20	169.2	59.1
<i>M±SD</i>	21.30±0.94	166.53±2.68	56.99±3.63

2. 실험 절차

대상자 선정 시 조사되었던 우세·비우세 체지 여부를 참고하여 착지 다리는 모두 오른쪽 우세다리로 통일하여 착지를 요청하였다. 이때 가방무게 외 측정 힘의 오류를 최소화 하기 위해 반바지·티셔츠를 착용 시킨 후 지면반력기(GRF)는 AMTI-OR-7 모델(AMTI, USA) 1대를 사용하여 1000 Hz로 지면반력 파라미터 자료를 수집하였다.

가방은 <Figure 1>과 같은 유형을 사용하였고 가방무게 (backpack weights)는 정상적인 자세정렬이 유지되는 체중의 10-15%(Weir, 2002)를 참고하였다. 하지만 본 연구의 대상자들은 모두 20세 이상이었고, 일상생활에서 가방착용 시 이보다 더 많은 무게를 착용할 수 있기 때문에 10 kg(17.61±1.17%)으로 설정하였다. 이후 모든 대상자들에게 일반적으로 휴대하는 체간(trunk)의 후방(rear[RT])과 반대쪽 전방(front[FT])위치에 최대한 고정된 후 실험을 진행하였다(Fiolkowski et al., 2006).

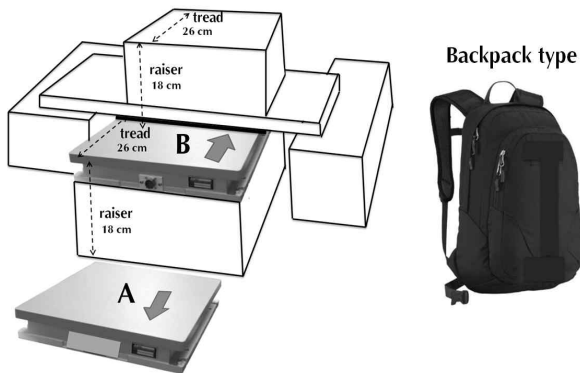


Figure 1. Experimental field & backpack type

계단의 규격은 높이 18 cm, 최소 너비 26 cm로 제작하였고(Yoon, 2008), 지면반력기는 <Figure 1>과 같이 계단 내리기 시 평지가 시작되는 마지막 착지지점(A)과 오르기 시 평지 보행 후 1 단(tread)이 시작되는 지점(B)에 진행방향을 고려하여 설치하였다. 특히 계단 오르기 시 B 지점에 지면반력기는 대상자의 측정 힘 외에 외부적인 변수로 오류가 발생할 수 있기 때문에 3 cm 이격시켜 수직공간을 확보하였고 대상자들에게 3 단(tread)까지 보행을 유도하였다. 이때 반복측정이 이루어지기 때문에 자연스러운 계단보행 및 자기 선호속도(self-selected speed)를 요청하였고(Hah, 2009; Perry & Burnfield, 2010), 이와 같은 이유로 계단 내리기 시 지면과의 착지거리 1보(1 step)는 통제하지 않았다(Hyun et al., 2014). 추가로 보행동안 신발의 형태와 재질, 인솔 높이 등이 연구결과에 미칠 데이터 오류를 배제하기 위해 맨발(bare foot)로 실시하였다(Hyun & Ryew, 2014).

3. 자료처리

Kwon GRF 2.0 program(Visol, Korea)과 Excel 2007(Microsoft, USA)을 사용하여 계단 오르기과 내리기 시 가방위치 변화에 따라 생성된 지면반력 파라미터를 분석하였다.

1) 동적안정성 지수

Wikstrom, Tillman, Smith, & Borsa(2005)는 점핑-착지 시 생성된 지면반력 3방향 값을 이용하여 안정성 지수를 계산하였지만, 본 연구에서 가방무게로 인해 1보 지지기 시간이 지연될수록 샘플 수 역시 증가하여 안정성이 향상될 수 있다. 이에 Hyun 등(2014)이 각 방향 별 지면반력의 최대 발생시점을 사용한 방법을 참고하여, 좌·우(medial-lateral), 전·후(anterior-posterior), 수직(vertical), 전체안정성 지수(dynamic postural stability index)를 계산하였다(Formula 1).

$$MLSI = \sqrt{\frac{\sum (0 - F_{x\max}/BW)^2}{samples}}$$

$$APSI = \sqrt{\frac{\sum (0 - F_{y1\max}/BW)^2}{samples}}$$

$$VSI = \sqrt{\frac{\sum (1 - F_{z1\max}/BW)^2}{samples}}$$

$$DPSI = \sqrt{\frac{\sum (0 - F_{x\max}/BW)^2 + \sum (0 - F_{y1\max}/BW)^2 + \sum (1 - F_{z1\max}/BW)^2}{samples}}$$

Formula 1. Calculation of the APSI, MLSI, VSI and DPSI

이때 각 방향(MLSI, APSI, VSI, DPSI)의 안정성 지수가 높
아지면 안정성이 낮아짐을 의미하고 지수의 크기가 작아질수
록 안정성은 향상되는 것을 의미한다.

2) 부하율

부하율은 <Formula 2>와 같이 단위 시간당 신체에 가해지는
힘으로 계산하였다(Munro, Miller, & Fuglevand, 1987).

$$Loading\ rate = (P_1 - F50^+) / (T_1 - T50^+)$$

Formula 2. Calculation of the loading rate

단, P₁은 최대수직지면반력, F50⁺는 최대수직지면반력 생성
전 50N을 넘어선 값이며, T₁은 P¹발생시점, T50⁺는 F50⁺가 발
생된 시점이다.

3) COP 변인

발이 지면에지지(stance)하는 동안 압력 중심(center of pressure
[COP])의 경로(pathway)에서 COPx 축(axis)과 COPy 축(COPY)
방향으로 생성되는 최대·최소 이동변위의 상대적인 변화량 값
을 비교하였고(Hyun & Ryew, 2014), COP 면적(area)은 Δ
COPx와 ΔCOPy에 의해 생성된 사각형의 면적을 적분하였다
(Formula 3).

$$\int_{t_1}^{t_2} \Delta COP_x \cdot \Delta COP_y$$

Formula 3. Calculation of the COP area

산출된 지면반력 파라미터는 SPSS 18.0(IBM, USA) 통계
프로그램을 이용하여 계단 보행의 방향(상향, 하향)과 가방위

치(전·후면)에 따라 반복이원변량분석(Two way analysis of
variance with repeated measure)을 실시하였고 모든 통계적 유
의수준은 α=.05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 지면반력 3방향 성분의 변화

<Table 2> 및 <Figure 2, 3>은 계단 오르기와 내리기 시
가방착용 위치에 따른 3방향의 지면반력 성분을 체중(body
weights)으로 나누어 표준화하였다. 그 결과, Fx의 변화는 계
단 내리기가 오르기보다 더 큰 값을 보여 통계적 유의한 차이
가 나타났고(F=23.577, p<.001), 가방착용 위치에 따른 변화와
상호작용효과는 없는 것으로 나타났다(p>.05).

Fy 1과 Fy 2는 가방착용 위치에 따라 통계적 유의한 차이는
없었지만(p>.05), 계단 내리기 시 Fy 1(F=42.623, p<.001), Fy
2(F=65.751, p<.001)가 오르기 보다 더 크게 통계적 유의한 차
이가 나타났고, 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다(p>.05).

Fz 1은 가방착용 위치에 따라 통계적 유의한 차이는 없었
지만(p>.05), 계단 내리기가 계단 오르기보다 더 크게 통계적
유의한 차이가 나타났고(F=91.821, p<.001), 상호작용효과는
없는 것으로 나타났다(p>.05). 또한 Fz 2는 가방착용 위치에
따라 RT유형이 FT유형 보다 더 크게 통계적 유의한 차이가
나타났고(F=4.600, p<.05), 계단 오르기가 내리기 보다 더 크
게 통계적 유의한 차이가 나타났다(F=99.507, p<.001). 이후
상호작용효과는 없는 것으로 나타났다(p>.05).

Table 2. GRF parameters(Fx, Fy, Fz) according to wearing positions of backpack for during stairs ascending and descending (unit: N/BW)

Section	Stairs direction(S)	Carrying position of backpack(C)		total average	Source	F	p	
		front of trunk(FT)	rear of trunk(RT)					
Fx	descent(D)	0.15±0.12	0.06±0.09	0.11±0.11	S	23.577	.001***	D>A
	ascent(A)	-0.02±0.03	-0.02±0.04	-0.02±0.04	C	3.138	.085	n/s
	total average	0.07±0.12	0.02±0.08	0.05±0.10	S×C	3.219	.081	n/s
Fy 1	descent(D)	-0.42±0.09	-0.33±0.12	-0.37±0.11	S	42.623	.001***	D>A
	ascent(A)	-0.18±0.09	-0.18±0.07	-0.18±0.08	C	2.117	.154	n/s
	total average	-0.30±0.15	-0.26±0.12	-0.28±0.14	S×C	1.950	.171	n/s
Fy 2	descent(D)	0.28±0.07	0.27±0.07	0.27±0.07	S	65.751	.001***	D>A
	ascent(A)	0.13±0.03	0.14±0.04	0.13±0.03	C	.017	.898	n/s
	total average	0.20±0.09	0.20±0.08	0.20±0.09	S×C	.320	.575	n/s
Fz 1	descent(D)	2.31±0.47	2.04±0.46	2.18±0.47	S	91.821	.001***	D>A
	ascent(A)	1.19±0.09	1.15±0.07	1.17±0.08	C	2.294	.139	n/s
	total average	1.75±0.66	1.59±0.56	1.67±0.61	S×C	1.279	.266	n/s
Fz 2	descent(D)	1.00±0.13	1.06±0.19	1.03±0.16	S	99.507	.001***	A>D
	ascent(A)	1.41±0.10	1.54±0.12	1.47±0.13	C	4.600	.039*	RT>FT
	total average	1.20±0.24	1.30±0.29	1.25±0.27	S×C	.588	.448	n/s

NOTE: ***p<.001, *p<.05, n/a: not applicable, S: main effect of stairs direction, C: main effect of carrying position, S×C: interaction

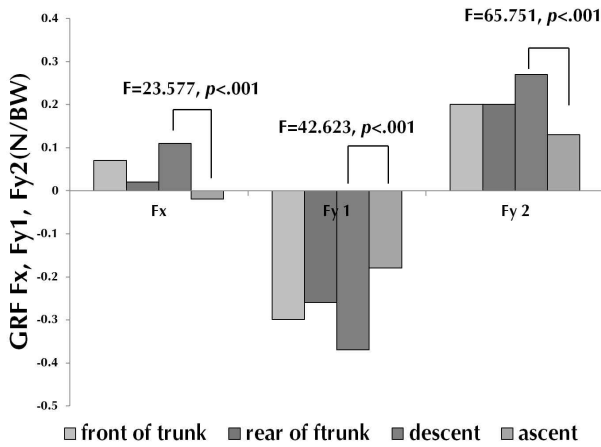


Figure 2. GRF parameters Fx, Fy1, Fy2(N/BW)

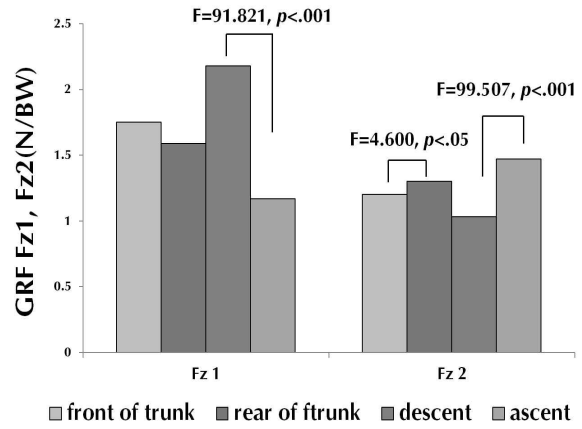


Figure 3. GRF parameters Fz1, Fz2(N/BW)

2. 동적안정성 지수의 변화

동적안정성 지수의 변화는 <Table 3>과 같이 각 방향별 첫 번째 최대 정점까지 생성된 지면반력 성분을 체중으로 표준화한 후 적용된 샘플 수로 나누어 계산하였고, <Figure 4, 5>와 같이 각 대상자들의 지수 값을 이용하여 그림으로 나타냈다. MLSI의 변화는 FT유형이 RT유형보다 지수가 더 높게 통계적 유의한 차이가 나타났고(F=6.550, p<.05), 계단 내리기가 오르기보다 지수가 더 높게 통계적 유의한 차이가 나타났다(F=56.498, p<.001). 이후 상호작용효과는 없는 것으로 나타났(p>.05). APSI의 변화는 계단 내리기가 오르기 보다 더 높

은 지수가 나타나 통계적 유의한 차이가 나타났고(F=5.295, p<.05), 가방의 휴대위치에 따른 지수와 상호작용효과는 없는 것으로 나타났(p>.05). VSI의 변화는 계단 내리기가 오르기 보다 더 높은 지수를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고(131.606, p<.001), 가방착용 위치에 따른 지수와 상호작용효과는 없는 것으로 나타났(p>.05). MLSI, APSI, VSI의 지수를 모두 합한 DPSI의 변화는 가방착용 위치에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만(p>.05), 계단 내리기가 오르기보다 더 크게 통계적 유의한 차이가 나타났고(F=161.254, p<.001), 상호작용효과는 없는 것으로 나타났(p>.05).

Table 3. MLSI, APSI, VSI and DPSI according to wearing positions of backpack for during stairs ascending and descending

Section	Stairs direction(S)	Carrying position of backpack(C)		total average	Source	F	p	
		front of trunk(F)	rear of trunk(R)					
MLSI	descent(D)	0.77±0.17	0.59±0.16	0.68±0.18	S	56.498	.001***	D>A
	ascent(A)	0.37±0.13	0.33±0.09	0.35±0.11	C	6.550	.015*	FT>RT
	total average	0.57±0.25	0.46±0.18	0.52±0.22	S×C	2.458	.126	n/a
APSI	descent(D)	1.13±0.15	1.18±0.63	1.16±0.45	S	5.295	.027*	D>A
	ascent(A)	0.90±0.27	0.88±0.20	0.89±0.23	C	.008	.928	n/a
	total average	1.02±0.24	1.03±0.48	1.02±0.38	S×C	.106	.747	n/a
VSI	descent(D)	10.28±1.98	9.37±2.78	9.83±2.39	S	131.606	.001***	D>A
	ascent(A)	3.40±0.65	3.31±0.81	3.36±0.72	C	.781	.383	n/a
	total average	6.84±3.81	6.34±3.69	6.59±3.71	S×C	.538	.468	n/a
DPSI	descent(D)	12.18±2.06	11.14±2.57	11.66±2.33	S	161.254	.001***	D>A
	ascent(A)	4.68±0.80	4.52±0.94	4.60±0.85	C	1.168	.287	n/a
	total average	8.43±4.14	7.83±3.88	8.13±3.97	S×C	.638	.430	n/a

NOTE: ***p<.001, *p<.05, n/a: not applicable, S: main effect of stairs direction, C: main effect of carrying position, S×C: interaction

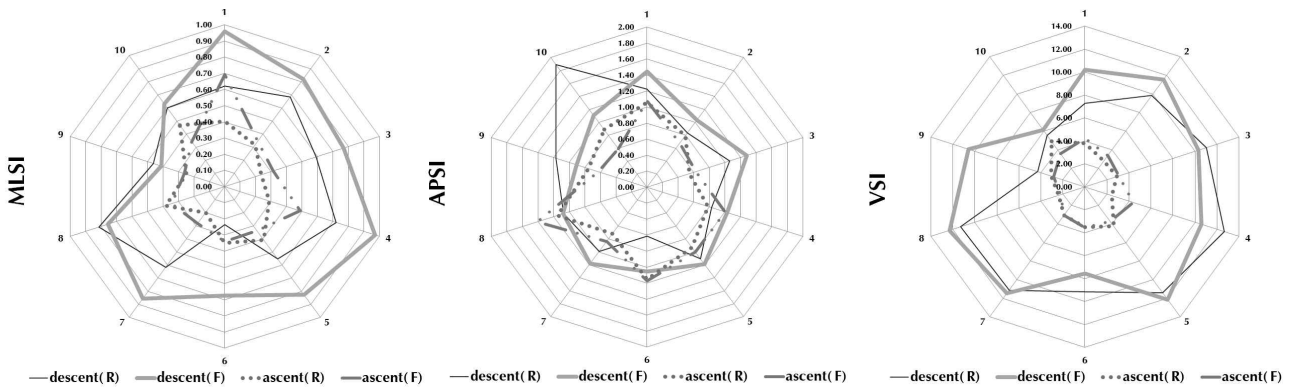


Figure 4. Medial-lateral, anterior-posterior, vertical stability index

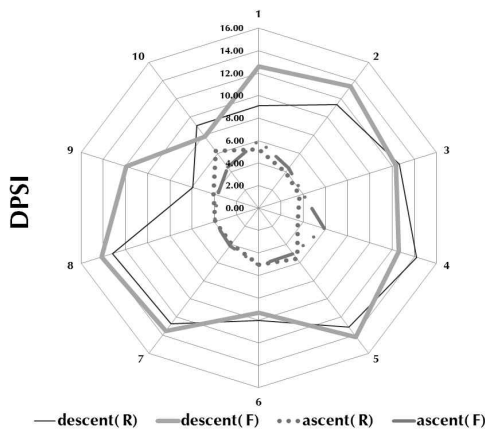


Figure 5. Dynamic postural stability index

3. 부하율 및 COP 변인의 변화

<Table 4>와 같이 부하율은 표준화된 수직지면반력 값을 발생한 시간으로 나눈 값이다. 그 결과, 계단 내리기가 오르기 보다 더 큰 부하율을 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고 ($F=255.458, p<.001$), 가방착용 위치에 따른 부하율과 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($p>.05$). COP 변인의 변화는 <Table 4>와 같고, ΔCOP_x 는 <Figure 6>과 같이 계단 내리기가 오르기 보다 더 큰 값을 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($F=5.375, p<.05$), 가방위치에 따른 변화와 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

ΔCOP_y 는 <Figure 6>, COP area는 <Figure 7>과 같이 계단

Table 4. COP variables and loading rate according to wearing positions of backpack during stairs ascending and descending

Section	Stairs direction(S)	Carrying position of backpack(C)		total average	Source	F	p	
		front of trunk(F)	rear of trunk(R)					
loading rate (N/BW·sec)	descent(D)	163.18±30.08	142.38±45.14	152.78±38.83	S	255.458	.001***	D>A
	ascent(A)	13.96±5.21	14.03±6.76	14.00±5.87	C	1.424	.240	n/a
	total average	88.57±79.38	78.21±72.95	83.39±75.43	S×C	1.446	.237	n/a
ΔCOP_x (cm)	descent(D)	2.51±1.63	2.01±2.31	2.26±1.96	S	5.375	.026*	D>A
	ascent(A)	-0.43±3.42	0.91±3.28	0.23±3.34	C	1.124	.296	n/a
	total average	1.71±2.65	0.78±3.10	1.25±2.89	S×C	.237	.630	n/a
ΔCOP_y (cm)	descent(D)	9.79±1.91	9.81±2.57	9.80±2.21	S	2.201	.147	n/a
	ascent(A)	10.81±2.37	11.01±2.51	10.91±2.38	C	.021	.884	n/a
	total average	10.41±2.55	10.30±2.16	10.35±2.33	S×C	.014	.907	n/a
COP area (cm ²)	descent(D)	26.41±6.84	27.41±10.16	26.91±8.44	S	2.117	.154	n/a
	ascent(A)	33.52±12.23	31.85±18.16	32.68±15.09	C	.007	.934	n/a
	total average	29.96±10.31	29.63±14.50	29.80±12.40	S×C	.112	.739	n/a

NOTE: *** $p<.001$, * $p<.05$, n/a: not applicable, S: main effect of stairs direction, C: main effect of carrying position, S×C: interaction

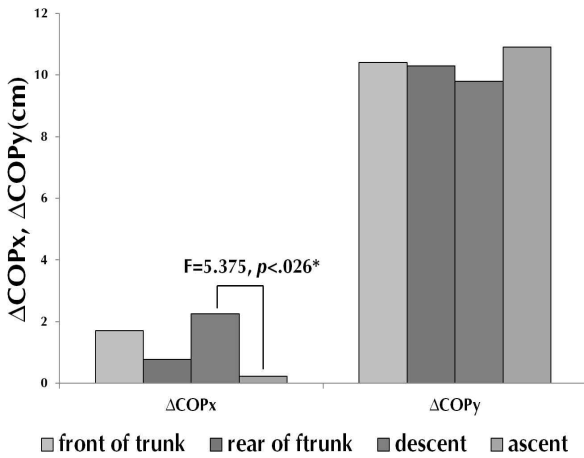


Figure 6. ΔCOPx, ΔCOPy(cm)

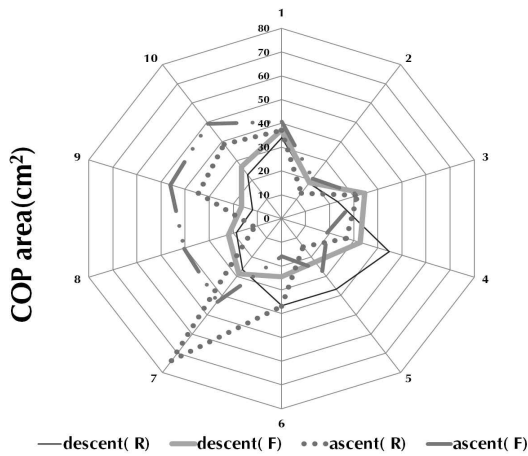


Figure 7. COP area(cm²)

오르기와 내리기, 그리고 가방위치 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었고($p>.05$), 상호작용효과 또한 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

IV. 논 의

가방은 많은 사람들이 매우 편리하게 사용하고 있지만 잘 못된 휴대방식으로 장기간 보행은 인체 근골격계에 큰 충격이 발생할 수 있고 하지의 근 피로가 더 가속화 될 수 있다. 이에 본 연구는 일상생활에서 흔히 발생하는 계단 오르기와 내리기 시 가방착용 위치가 지면반력 파라미터에 미치는 영향을 분석하기 위해 실시하였다.

우선 계단 방향 별 계단 내리기가 오르기보다 F_x , F_y 1, F_y 2, F_z 1은 더 크게 통계적 유의한 차이를 나타냈다. F_x 의

성분은 개인차가 크고 불규칙한 파형을 보이는 것이 특징이며 (Cavanagh & Lafortune, 1980; Ryu, 2013), COM의 위치와 발의 위치 간 관계에 따라 달라진다고 보고하고 있다(Whittle, 2007). 이는 본 연구에서 계단 오르기와 비교하여 계단 내리기는 수직·하향방향으로 COM이 이동된다는 점과 신체에 10 kg의 가방무게가 더 가중되는 만큼 F_z 1(충격력)과 부하율이 더 커져 단위 시간당 인체에 큰 충격이 가해지는 때문에 F_x 성분에도 영향이 미치는 것으로 생각된다.

계단 내리기에서 초기 접지(initial contact) 시 발생하는 F_y 1은 Hyun et al. (2014)이 핸드백착용으로 신체의 전방운동량(momentum) 및 회전력 증가하여 F_z 1과 유사한 양(+)방향의 패턴이 나타난다고 하였다. 이에 본 연구에서도 계단 내리기 시 F_y 1은 F_z 1과 유사한 방향의 반력이 생성될 것으로 가정하였으나, 평지 보행 시 생성되는 F_y 1과 유사한 음(-)의 값이 나타났다. 이는 위 선행연구에서 핸드백착용은 전상장골극(anterior superior iliac spine) 위치에 가방을 휴대하였기 때문에 회전력에 영향이 미치는 것으로 판단되지만, 본 연구에서 RT유형 즉, 체간의 후방에 착용한 가방 무게의 영향으로 신체의 전방회전력이 감소된 것으로 생각된다. 반면 FT유형은 RT유형보다 더 큰 제동력이 나타났는데, 이는 자세안정성 유지를 위해 체간을 수직선상에 정렬시키거나 혹은 더 큰 후경각 자세를 유지하여 회전력을 감소(Hyun & Ryew, 2013; Shin, 2000)시켜야 하지만, 계단 내리기 시 가방착용 위치(FT)가 이러한 기전에 더 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.

계단 오르기 동작은 Yoon(2008)이 몸을 수직으로 자연스럽게 멈추지 않고 움직임이 요구되는 보행이기 때문에 F_y 1이 존재하지 않는다고 하였다. 본 연구와 비교해 볼 때, 가방착용 위치에 따라 큰 차이가 없었으며 매우 작은 성분을 나타내고 있어 유사한 결과를 보였다. 또한 F_y 2는 추진기에 생성되는 값으로 계단 내리기가 오르기보다 더 크게 나타난 바, 지면에 착지 시 발생된 중력가속도의 영향을 받은 후(Yoon, 2008), 수평방향으로 COM을 추진시키기 위해 더 큰 전단력이 발생하는 것으로 생각된다.

특히, F_z 2는 관절 근의 수축에 의해 발생하는 능동력(Hatze, 1997)으로 계단 내리기 시에는 불필요하지만 계단 오르는 체중의 1.47배가 나타나 평지보행과 비교하여 더 힘들게 보행하고 있음을 시사한다. 또한 가방위치에 따라 통계적 유의한 차이가 나타난 바, 이는 가방착용 위치에 따라 COM의 위치에 영향을 받는 것으로 생각되며 RT유형이 FT유형과 비교하여 COM과 다음 1보 간 이동거리가 더 증가되는 만큼 능동력에 영향이 미치는 것으로 판단된다. 더욱이 Ryu(2013)에 의하면 능동력의 크기는 피로 증가에 따라 감소되고, 피로한 근육의 신전력 감소와 피로로 인한 이동의 변화 및 자기

수용 감각 변화 등의 요인들에 의해 하지근 수축이 원활하게 이루어지지 않는다고 보고한 바(Dickinson, Cook, & Leinhardt, 1985), 본 연구에서 RT유형의 Fz 2 크기가 더 큰 만큼 하지의 근 피로는 더 가속화될 수 있다고 생각된다.

지면반력 3방향의 성분을 이용해 동적안정성 지수를 분석한 결과, MLSI, APSI, VSI, DPSI 모두 계단 내리기가 오르기 와 비교하여 안정성은 더 저하되는 것으로 나타났다. 이는 앞서 언급하였던 Fx, Fy, Fz의 성분은 계단 내리기 시 더 큰 충격이 나타난 특징이 가장 큰 원인이며, 3방향 별 최대 정점이 나타난 지점까지의 작용시간 역시 계단 오르기와 비교하여 더 짧게 나타난 결과로 생각된다.

한편, MLSI는 계단 내리기 시 가방위치에 따라 FT유형이 RT유형보다 안정성 지수가 더 높게 나타났다. Ryew & Hyun (2013)에 의하면 계단 내리기는 신체 충격흡수를 위해 발목관절은 저축 굴곡(plantar flexion)하여 착지가 이루어진다고 하였다. 즉 초기입각기는 전족착지(foot contact)가 발생되고 체간의 전방에 착용한 가방의 무게로 인해 좌·우 움직임이 증가되어 안정성은 더 저하되는 것으로 생각된다.

COP 변인에서 ΔCOP_y , COP area의 변화는 계단 오르기 와 내리기, 가방착용위치에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다. 하지만 ΔCOP_x 에서 계단 내리기가 오르기보다 더 큰 값을 보이고 있어 계단 오르기는 수직·상향으로 이동하는 만큼 평지보행 시 생성되는 COP 경로와는 다르게 직선적인 경로가 생성되는 것으로 판단된다. 반면 계단 내리기는 큰 충격이 발생하는 만큼 신체 안정성 유지를 위해 발의 좌·우 조절전략이 더 증가된 결과로 생각된다.

종합해 볼 때, 계단 내리기 시 가방무게가 개인 체중의 $17.61 \pm 1.17\%$ (10 kg) 인 경우에는 달리기 시 발생하는 체중의 2-3배 정도(Munro et al., 1987)와 유사한 충격력이 발생되고 있음을 알 수 있었다. 계단은 수평·수직방향의 이동목적으로 사용되기 때문에 연속적인 층층대로 구성되어 있다. 이에 무거운 가방착용 후 지속적인 계단 내리기 동작은 인체에 충격이 가해질 뿐만 아니라 수평전단력과 동적안정성에도 영향이 미칠 수 있음을 시사한다. 따라서 개인의 목적에 맞게 가방무게와 착용위치를 고려하고, 가능하면 적은 무게로 유지하는 것이 발목 염좌 및 낙상을 예방할 수 있고 동적안정성은 더 향상될 수 있다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 계단 오르기와 내리기 시 가방의 착용위치에 따른 지면반력 파라미터를 분석하였다. 가방무게는 10 kg($17.61 \pm 1.17\%$)

으로 통일 하여 실시한 결과, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Fx, Fy 1, Fy 2과 Fz 1은 가방착용 위치에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만($p > .05$), 계단 내리기가 오르기보다 더 큰 값을 보였다. 특히 Fz 2는 능동력으로 계단 오르기가 내리기 보다 더 큰 값을 나타냈고($p < .001$), RT유형이 FT유형과 보다 더 힘들게 보행하는 것으로 나타났다($p < .05$).

MLSI, APSI, VSI, 그리고 DPSI는 계단 오르기와 비교하여 내리기가 더 높은 값을 보여 안정성은 더 저하되는 것으로 나타났다($p < .05$), MLSI는 가방착용 위치에 따라 RT유형이 FT유형보다 더 낮게 나타나 안정성은 향상되는 형태를 보였다($p < .05$).

부하율은 가방착용 위치에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만($p > .05$), 계단 내리기가 오르기와 비교하여 더 크게 통계적 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). 또한 COP 변인 중 ΔCOP_x 는 계단 오르기 시 직선적인 경로를 나타낸 반면, 계단 내리기는 안정성 유지를 위해 더 큰 변화를 나타냈다($p < .05$).

본 연구를 통해 계단 내리기가 오르기 보다 더 큰 충격이 발생하고 안정성이 저하되고 있음을 시사하고 있다. 특히 가방의 착용위치에 따라 RT유형보다 FT유형의 안정성이 더 저하되는 형태를 보였지만, 계단 오르기 시에는 FT유형의 능동력이 상대적으로 더 적게 나타났다. 하지만 본 연구에서는 선행연구들을 참고하여 가방무게를 제한하였고, 가방착용 위치, 끈 길이, 착용시간, 그리고 지면조건은 다양하기 때문에 이를 고려하여 운동학적(kinematic)·역학적(kinetic), 근전도(EMG)의 분석법을 적용한 후속연구가 이루어지길 제안한다.

참고문헌

- Al-Khabbaz, Y. S. S. M., Shimada, T., Hasegawa, M., & Inoue, Y. (2010). Effects of wearing a backpack on trunk-lower limb kinematics at start of gait. *Journal of Physical Therapy Science*, 22(2), 149-154.
- Bhambhani, Y., Buckley, S., & Maikala, R. (1997). Physiological and biomechanical responses during treadmill walking with graded loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(6), 544-551.
- Cavangh, P. R., & Lafortune, M. A. (1980). Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*, 13(5), 397-406.
- Chansirinukor, W., Wilson, D., Grimmer, K., & Dansie, B. (2001). Effects of backpacks on students: Measurement of cervical and shoulder posture. *Australian Journal of Physiotherapy*, 47(2), 110-116.

- Choi, S. N., & Oh, C. H. (2011). A analysis of kinematics according to the change of the length of bag string in walking movement. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 43, 629-638.
- Chow, D. H., Kwok, M. L., Au-Yang, A. C., Holmes, A. D., Cheng, J. C., Yao, F. Y., & Wong, M. S. (2005). The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. *Ergonomics*, 48(6), 642-656.
- Christina, K. A., & Cavanagh, P. R. (2002). Ground reaction forces frictional demands during stair descent: effect of age and illumination. *Gait & Posture*, 15(2), 153-158.
- Dickinson, J. A., Cook, S. D., & Leinhardt, T. M. (1985). The measurement of shock waves following heel strike while running. *Journal of Biomechanics*, 18(6), 415-422.
- Fiolkowski, P., Horodyski, M., Bishop, M., Williams, M., & Stylianou, L. (2006). Changes in gait kinematics and posture with the use of a front pack. *Ergonomics*, 49(9), 885-894.
- Hah, C. K. (2009). Biomechanical alterations in gait of stair decent with different treads during pregnancy. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2), 205-215.
- Hall, M., Boyer, E. R., Gillette, J. C., & Mirka, G. A. (2013). Medial knee joint loading during stair ambulation and walking while carrying loads. *Gait & Posture*, 37(3), 460-462.
- Hatze, H. (1997). A three-dimensional multivariate model of passive human joint torques and articular boundaries. *Journal of Clinical Biomechanics*, 12(2), 128-135.
- Hong, Y., & Li, J. X. (2005). Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking. *Gait & Posture*, 22(1), 63-68.
- Hsiang, S. M., & Chang, C. (2002). The effect gait speed and load carrying on the reliability of ground reaction forces. *Safety Science*, 40(7-8), 639-657.
- Hyun, S. H., & Ryew, C. C. (2013). The correlation of variables between lower extremities and trunk tilting angle during downward stairs and level walking. *The Korea Journal of Sports Science*, 22(6), 1609-1622.
- Hyun, S. H., & Ryew, C. C. (2014). Comparison analysis of ground reaction force patterns according to the stairs heights and bag weights during downward stairs in women. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 16(1), 41-52.
- Hyun, S. H., Lee, A. R., Ryew, C. C. (2013). Correlational analysis between center of pressure and ground reaction force according to the shoe's heel heights & bag weights during gait of obese women. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 15(4), 41-51.
- Hyun, S. H., Lee, A. R., Ryew, C. C. (2014). Analysis of the ground reaction force parameters according to the change of position and weights of bag during downward stairs between dominant and non-dominant in upper & lower limbs. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(1), 43-50.
- Jun, H. M., & Ryu, J. S. (2008). A kinetic analysis of the lower extremity during walking on three different stair width in healthy adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(4), 161-169.
- Kim, C. K., & Lee, B. H. (2013). Gait analysis according to the changes of the carrying type and weight of bag. *Journal of the Korea Academia-Industrial*, 14(1), 199-205.
- Kim, E. H., Kim, S. S., Kwon, M. S., Baek, S. C., Wi, U. R., Kim, J. T., & Kim, T. W. (2011). Analysis of the influence of combat used backpacks have on the human gait. *The Korean Journal of Physical Education*, 50(6), 409-418.
- Korovessis, P., Koureas, G., & Papazisis, Z. (2004). Correlation between backpack weight and way of carrying, sagittal and frontal spinal curvatures, athletic activity, and dorsal and low back pain schoolchildren and adolescents. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 17(1), 33-40.
- Korovessis, P., Koureas, G., Zcharatos, S., & Papazisis, Z. (2005). Backpacks, Back pain, sagittal spinal curves and trunk alignment in adolescents: a logistic and multinomial logistic analysis. *Spine*, 30(2), 247-255.
- Macias, B. R., Murthy, G., & Chambers, H. (2008). Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 28(5), 512-517.
- McFadyen, B. J., & Winter, D. A. (1988). An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *Journal of Biomechanics*, 21(9), 733-744.
- Moon, J. H., & Chun, Y. J. (2013). Biomechanical analysis of the effect that various loads has on the lower limbs descending stairs. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(3), 245-252.
- Motmans, R. R., Tomlow, S., & Vissers, D. (2006). Trunk muscle activity in different modes of carrying schoolbags. *Ergonomics*, 49(2), 127-138.
- Munro, C. F., Miller, D. I., & Fuglevand, A. J. (1987). Ground reaction force in running: a reexamination. *Journal of Biomechanics*, 20(2), 147-155.
- Negrini, S., & Carabona, R. (2002). Backpacks on! schoolchildren's perceptions of load, associations with back pain and factors determining the load. *Exercise Physiology and Physical Exam*, 27(2), 187-195.
- Negrini, S., & Negrini, A. (2007). Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis*, 2(8), 1-7.
- Park, S. J., Lee, J. H., & Kim, J. S. (2012). The effects of asymmetric bag carrying during walking on plantar pressure. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 7(4), 457-469.

- Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Y. T., Shim, D. M., & Kim, C. K. (1997). Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics*, 40(6), 631-640.
- Perry, J. (1992). *Gait analysis-normal and pathological function*. New Jersey: SLACK.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: normal and pathological function*. 2nd edition. Thorofare, New Jersey: Slack, Inc.
- Riener, R., Rabuffetti, M., & Frigo, C. (2002). Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait & Posture*, 15(1), 32-44.
- Ryew, C. C., & Hyun, S. H. (2013). The kinetic comparison analysis of gait posture on the bus downward stair according to the shoe's heel and stair heights in the women. *The Korean Journal of Physical Education*, 52(6), 523-536.
- Ryu, J. S. (2013). Effect of a prolonged-run-induced fatigue on the ground reaction force components. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(3), 225-233.
- Shin, H. S. (2000). *The effect of the treatment of eccentric contraction on the stair gait in hemiplegic quadriceps*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Korean National University.
- Singh, T., & Koh, M. (2008). Effects of backpacks load position on spatiotemporal parameters and trunk forward lean. *Gait & Posture*, 129(1), 49-53.
- Smith, B., Ashton, K. M., Bohl, D., Clark, R. C., Metheny, J. B., & Klassen, S. (2006). Influence of carrying a backpack on pelvic tilt, rotation, and obliquity in female college students. *Gait & Posture*, 23(3), 263-267.
- Weir, E. (2002). Avoiding the back-to-school backache. *Canadian Medical Association Journal*, 167(6), 669-669.
- Whittfield, J., Legg, S. J., & Hedderley, D. I. (2005). Schoolbag weight and musculoskeletal symptoms in new zealand secondary schools. *Applied Ergonomics*, 38(2), 193-198.
- Whittle, M. W. (2007). *Gait analysis: An introduction*. 4th edition, Oxford, Butterworth-Heinemann.
- Wikstrom, E. A., Tillman, M. D., Smith, A. N., & Borsa, P. A. (2005). A now-force-plate technology measure of dynamic postural stability: The dynamic postural stability index. *Journal of Athletic Training*, 40(4), 305-309.
- Yoon, S. H. (2008). The effect of stair depth on ground reaction force parameters: asymmetric and variability indices. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(1), 169-178.