



■ 박수진, 김민희, 김진상¹

■ 대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Changes of relative impulse of foot on carrying 5 types of schoolbag during level walking

Soo-Jin Pack; Min-hee Kim; Jin-Sang Kim, vet. PhD¹

Department of Rehabilitation Science, Graduate school of Daegu University; ¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Purpose: The purpose of this study was to analyze the changes of the relative impulse of the foot when carrying 5 types of schoolbag during level walking.

Methods: Forty-four normal subjects were divided into 5 groups according to the method of carrying a bag: carrying no bag (condition 1), a backpack (condition 2), a shoulder bag (condition 3), a cross bag (condition 4) and a one-hand bag (condition 5). To evaluate the partial relative impulse, 7 areas were measured on the sole of a foot: the hallux, toe, 1st metatarsal head (Met1) and the 2nd & 3rd metatarsal heads (Met2/3), the 4th & 5th metatarsal heads (Met4/5), mid foot and heel. Repeated one-way analysis of variance (ANOVA) and independent t-tests were used to analyze the statistical data.

Results: In the right foot, the relative impulses in every areas revealed no significant difference ($p>0.05$), however, the relative impulses at Met1, Met2/3, Met4/5 and heel were significantly different between the different conditions ($p<0.05$). There were significant differences on comparing the relative impulse between left and right foot within one condition, the mid foot in condition 2, as well as the hallux and Met1 in condition 3 ($p<0.05$). In condition 4, the toe, Met1, Met4/5 and mid foot were significantly different ($p<0.05$). The values at the hallux, toe and Met1 in condition 5 also were significantly different ($p<0.05$).

Conclusion: These findings showed that the symmetrical relative impulse of the foot was present in the case of carrying a backpack, but there was an extra load on specific regions and asymmetrical relative impulses in the case of carrying a shoulder bag, a across bag and a one-hand bag. (ED note: this abstract is not clear. You need to work on it.)

Keywords: Schoolbag, Carrying method, Relative impulse

논문접수일: 2009년 5월 12일

수정접수일: 2009년 6월 9일

게재승인일: 2009년 7월 4일

교신저자: 김진상, rememversj@hanmail.net

1. 서론

일상생활에서 필요한 물건들을 효율적으로 운반하기 위하여 다양한 형태의 가방을 사용하고 있으며, 등짐이나 등에 메는 가방 (backpack), 앞뒤로 멜 수 있는 가방(double pack), 그리고 한

쪽 어깨에 메는 가방(shoulder bag) 등 착용형태도 다양하다.¹

그러나 가방의 무게와 형태, 휴대 방식 및 위치가 올바르지 않을 경우 가방의 무게를 어깨와 허리에 제대로 분산시키지 못하며,² 체중심선의 불규칙적인 이동이 나타난다. 이에 대한 적응 기전으로 신체는 평형을 유지하고 에너지 소모를 최소화하

기 위해 신체 분절을 비정상적인 자세로 재 정렬하여 체중심선을 기저면 중앙과 전방으로 이동시키게 된다.^{3,4}

이러한 자세가 지속될 경우 룝삭 마비(ruck sack palsy or paralysis)와 같은 신경총(plexus)이나 말초신경의 상해, 어깨나 팔의 근육들(삼각근, 극상근, 극하근, 손목 신장근군)의 약화, 척추 변형, 요통, 두부전방자세, 발에서의 물집이나 피로 골절 또는 중족 통증(metatarsalgia) 등과 같은 근골격계 문제가 발생할 수 있다.^{5,9}

보행을 분석하는 대표적인 방법으로 보행 주기 중 입각기 때 발에서 나타나는 족저압과 체중 부하 분포의 변화를 비교할 수 있는 족저압(foot pressure) 측정법이 있다.^{10,11} 족저압 측정법에는 F-scan system, F-mat, Parotec system 등이 있는데,¹² 이 중 F-scan system은 양측 발의 동시 측정이 가능하고 한 번에 여러 걸음을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 발의 특정 부위를 측정할 수 있으며 여러 종류의 신발이나 보조기를 착용한 상태에서 작업이나 스포츠와 같은 기능적 활동을 하는 동안에도 측정을 할 수 있어서 많은 연구에 사용되고 있다.¹³⁻¹⁵

F-scan system을 이용하여 측정되는 힘-시간 적분값(force-time integral, Ns)¹⁶은 발의 특정 영역이 한 일(work)을 의미하며 역동적인 체중부하의 정도를 평가하는데 유용한 지표이다.¹⁷ 특히 비례추진력(relative impulse: %)은 보행 주기 동안 발의 전체 힘-시간 적분값에 대한 발의 각 부분에서의 힘-시간 적분값이 차지하는 비율을 나타내는 것으로 발의 특정 영역이 한 일의 상대적인 비율을 나타낸다.^{16,18,19}

보행은 인체의 이동을 위한 가장 기본적인 방법이고,²⁰ 가방 휴대는 일상생활에서 아주 흔한 일이다.²¹ 그러나 앞에서 언급한 것처럼 무거운 가방과 바르지 못한 휴대 방식은, 보행 중에 비정상적인 자세를 유발하고 체간 안정성²²과 근골격계에 영향을 주어 통증과 척추 장애를 유발 뿐만 아니라 신체에 전반적인 불균형을 초래할 수 있다.²³ 이러한 문제점을 해결하고 올바른 휴대 방법을 제시하기 위해 가방의 무게와 길이가 보행에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 선행되었지만,^{3,4} 보행 시 휴대 방법에 따른 발에서의 비례추진력 변화에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대상자의 신발 내 삽입형(in-shoe type)센서²⁴를 넣고 발바닥의 압력 측정 시스템을 이용하여 보행 동안 발의 여러 곳의 압력을 감지하여 발에서의 무게 변화 양상을 시간적, 양적 수치로 제공해 주는²⁵ 족저압 측정 시스템인 F-Scan system을 이용하여 가방의 휴대 방법이 보행 시 발에서의 비례추진력에 어떠한 변화를 주는지 알아보고, 올바른 가방 휴대 방법에 대한 새로운 기초 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구 기간

본 연구는 실험의 취지에 대해 충분히 설명을 듣고 실험 참여에 동의한 D대학에 재학 중인 정상 성인 44명(남자 30명, 여자 14명)을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 상지와 하지에 보행에 영향을 주는 정형 외과적 또는 신경 외과적 손상과 같은 근골격계 질환이 없는 자, 척추에 병변이나 수술과 거력이 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 우성인 자로 하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

본 연구에서는 보행 시 입각기 동안 발에서의 비례추진력을 측정하기 위하여 F-scan ver 5.83 system (Tekscan Inc, South Boston, 미국)을 이용하였다. F-scan system은 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), 데스크 탑 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 0.18mm의 얇고 잘 구부러지는 필름 형태로 되어 있다. 측정된 정보들은 분석 프로그램을 통해 보행 주기에 따른 족저압의 변화를 2차원이나 3차원으로 나타낼 수 있고, 시간에 따른 족저압과 힘의 변화를 그래프로 볼 수 있게 되어 있으며, 원하는 부위를 지정하여 시간에 따른 그 부위의 압력 및 힘의 변화, 힘-시간 적분 등을 평가할 수 있다.²⁶

2) 측정 방법

본 연구에서는 보행 시 가방 휴대 방식에 따른 발에서의 비례추진력 변화를 분석하기 위해서, 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 구분, 모든 대상자들에게 5가지 조건을 모두 적용하여 비례추진력을 측정하였다. 가방의 무게는 모든 대상자 개개인의 체중의 15%에 해당하는 무게를 선택하였고,²⁷ 가방을 한 쪽으로 휴대를 하는 조건에서는 가방의 위치를 동일하게 하기 위해 조건3에서는 오른쪽 어

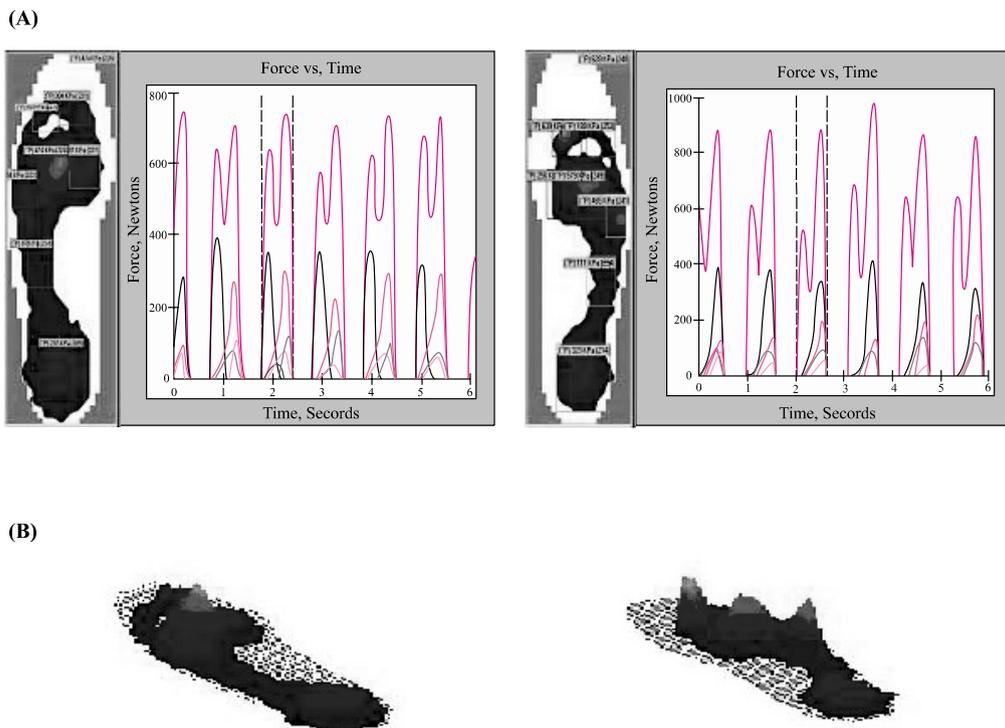


Figure 1. The force-time integral (A) and its 3-D contours (B) in 7 areas of left & right foot during walking.

개, ^{1,6,21,28} 조건4에서는 왼쪽 어깨에 위치하도록 하였으며, ¹ 조건5에서는 가방에 부착된 손잡이를 오른쪽 손으로 잡고 가방을 들게 하였다.²⁷ 그리고 옆구리 장골 능선을 기준으로 하여, 조건 2에서는 가방의 밑부분이,^{2,3} 조건 3과 조건 4에서는 가방 상단 끝부분이 이 높이에 위치하도록 조절 하였다.^{1,6}

신발 크기에 맞게 재단이 된 센서를 양측 신발 내에 삽입을 하고, 환자들로 하여금 센서 보호를 위해 양말을 신은 상태에서 ²⁹ 개개인의 발에 맞는 신발을 신고 10-20 걸음을 자유롭게 걷게 한 후,³⁰ 환자 개개인의 몸무게에 맞게 좌우 양측을 제작사의 설명에 따라 1초간 보정(calibration)을 실시하였다.¹⁴ 보정이 완료된 후 실험실의 바닥에 그려진 14m 직선 보행로를 몇 차례 반복 보행하게 하여 실험에 대한 심리적 부담이 사라진 자연스러운 상태에서 측정하였다. 대상자들은 보행로를 따라 평소에 걷는 속도와 동일하게 편안하고 자연스럽게 걷고, 시선은 전방을 향하도록 지시하였다. 대상자가 측정을 하는 순간을 인식하지 못하도록 측정 구간에 대해 언급하지 않았으며, 처음 5 걸음 이후부터 보행하는 동안 측정을 하였다.

3) 자료 수집

자료 수집은 100Hz로 6초 동안 좌·우 양측을 합하여 10-12 걸음이 될 때까지 1회 측정을 실시하였다. 족저압 측정을 위해 족저를 무지부(Hallux), 족지부(Toe), 제1중족골두(Met 1), 제

2,3중족골두(Met 2/3), 제4,5중족골두(Met 4/5), 중족부(Mid foot), 종골부(Heel)의 7부위로 나누었으며, 각 부위의 면적은 5×5 unit로 통일하였다. Fscan research 5.83 프로그램을 이용해 자료를 처리, 처음 걸음과 마지막 걸음을 제외한 나머지 3-4 걸음을 선택하여 평균 함시간 적분값을 구하였다(Figure 1). 이를 토대로 발의 전체 함시간 적분값에 대한 각 부위별 함시간 적분값이 차지하는 비율인 비례추진력(relative impulse, %)을 측정하였다.

3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 12.0 for window version을 이용하여 5가지 조건 간의 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산 분석을 실시하였고, 각 조건 내에서 좌측 발과 우측발의 비례추진력을 비교해 좌·우 비대칭성을 알아보기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 통계학적 유의수준은 0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 남자 30명, 여자 14명으로 총 44

Table 1. The comparison of relative impulse of 7 areas by carrying a bag patterns

	Con 1	Con 2	Con 3	Con 4	Con 5	F	P
	mean±SE	mean±SE	mean±SE	mean±SE	mean±SE		
Hallux	5.35±0.49	5.28±0.53	5.45±0.52	6.09±0.54	5.12±0.45	1.10	0.36
Toe	1.65±0.21 ^c	1.64±0.19 ^c	1.55±0.20	1.62±0.18 ^c	1.36±0.17 ^{a,b,d}	1.89	0.13
Met1	10.88±0.70 ^{c,d,e}	11.24±0.71 ^d	12.55±0.74 ^{a,d}	14.37±0.90 ^{a,b,c}	12.73±0.90 ^a	5.22	0.001*
Lt. Met23	22.38±1.04 ^{c,d}	21.59±0.98	20.48±1.04 ^a	20.66±0.86 ^a	21.13±0.92	2.71	0.03*
Met45	8.12±0.53 ^{c,d,e}	7.58±0.61 ^{c,d}	6.56±0.46 ^{a,b}	5.99±0.46 ^{a,b,c}	7.13±0.54 ^{a,d}	5.67	0.001*
Mid foot	3.52±0.46 ^d	3.17±0.41	3.45±0.53 ^d	2.51±0.35 ^{a,c,e}	3.58±0.52 ^d	1.79	0.14
Heel	28.43±1.33 ^c	28.97±1.48 ^c	28.49±1.22 ^c	27.56±1.27	26.30±1.23 ^{a,b,c}	2.97	0.02*
Hallux	6.32±0.59	5.90±0.49 ^c	6.84±0.60 ^b	6.42±0.60	6.53±0.67	1.20	0.31
Toe	1.91±0.24	1.88±0.25	2.07±0.30	2.23±0.27	2.16±0.27	1.21	0.32
Met1	10.41±0.77	10.39±0.72	10.58±0.64	10.30±0.63	10.55±0.69	0.04	0.99
Rt. Met23	20.36±0.84	20.26±0.94	20.32±0.98	20.85±0.85	19.91±0.91	0.76	0.55
Met45	7.71±0.53 ^c	7.45±0.54	7.06±0.48	7.41±0.44 ^c	6.55±0.45 ^{a,d}	1.85	0.12
Mid foot	4.59±0.49 ^{c,c}	4.83±0.77	3.60±0.38 ^a	4.14±0.40	3.86±0.45 ^a	2.44	0.06
Heel	27.31±1.44	28.19±1.28	27.76±1.32	26.61±1.21	27.74±1.19	0.86	0.48

Unit: %

Con 1 = walking with no bag

Con 2 = walking with carrying a backpack

Con 3 = walking with carrying a shoulder bag

Con 4 = walking with carrying a cross bag

Con 5 = walking with carrying a one-hand bag

^a = significant difference from Con 1. p<0.05, ^b = significant difference from Con 2. p<0.05

^c = significant difference from Con 3. p<0.05, ^d = significant difference from Con 4. p<0.05

^e = significant difference from Con 5. p<0.05

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

2. 비례추진력(relative-impulse, %)

본 연구에서는 가방의 휴대 방법에 따라 변화된 가방 무게 위치 변화가 발에서의 자세 적응 기전에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위해 부위별 비례 추진력을 측정하였으며, 그 결과는 아래와 같았다.

1) 보행 조건 간 부위별 비례 추진력 비교

다섯 가지 가방 휴대 방법에 대한 조건 간의 차이를 비교한 결과, 좌측 발에서는 무지부와 족지부, 중족부에서의 비례 추진력은 다섯 조건 간에 유의한 차이를 보이지 않았지만(p>0.05), 제1중족골두와 제2,3중족골두, 제4,5중족골두 그리고 종골부에서는 다섯 조건 간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 그리고 조건 간의 대응별 비교에서 가방을 편측으로 휴대한 세 조건들

이 조건1, 조건2와 유의한 변화를 보여 주었다(p<0.05). 우측 발에서 부위별 비례 추진력은 다섯 조건 간에 유의한 차이를 보이는 부위는 나타나지 않았지만(p>0.05), 무지부와 제4,5중족골두 그리고 종골부에서 조건 간의 대응 비교를 통해 유의한 차이를 볼 수 있었다(p<0.05)(Table 1).

2) 보행 조건 내 부위별 비례 추진력 좌·우 비교

보행 시 가방의 위치에 따른 비대칭성을 알아보기 위한 부위별 비례추진력의 조건 내 좌·우측 발 비교에서 조건1에서는 좌·우측 간에 유의한 차이가 나는 부위가 없었고(p>0.05), 조건2의 중족부와 조건3의 무지부에서 우측 발이 좌측 발보다 유의하게 높았고, 조건3의 제1중족골두에서는 좌측 발이 우측 발보다 유의하게 높은 비례 추진력을 보여 주었다(p<0.05). 조건4에서는 우측발의 족지부와 제4,5중족골두, 중족부, 좌측발의 제1중족골두에서 비례추진력이 유의하게 높았다(p<0.05), 조건5는 우측 발의 무지부와 족지부, 좌측 발의 제1중족골두에서 유의하게 증가한 양상을 보여 주었다(p<0.05)(Figure 2, 3, 4).

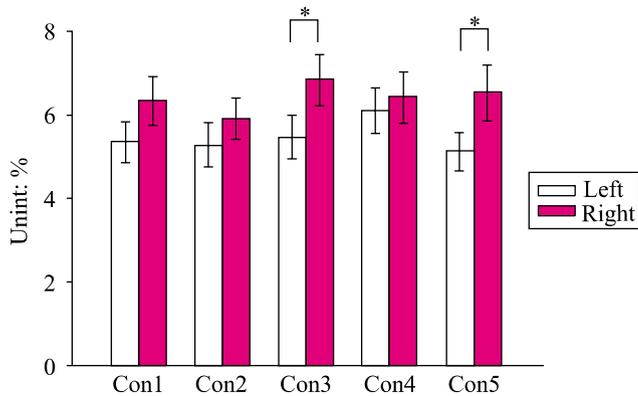


Figure 2. The comparison of relative impulse of 7 areas between left & right hallux of foot during each condition(* $p < 0.05$).

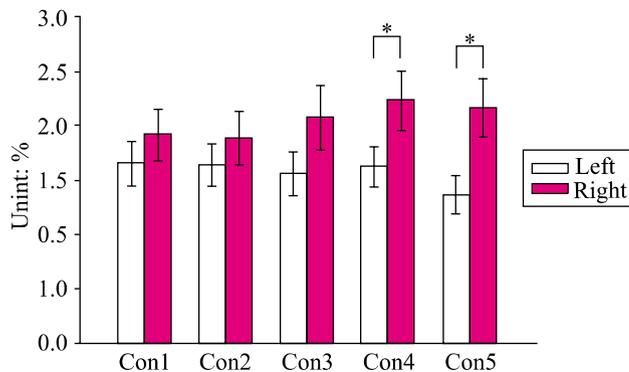


Figure 3. The comparison of relative impulse of 7 areas between left & right toes during each condition(* $p < 0.05$).

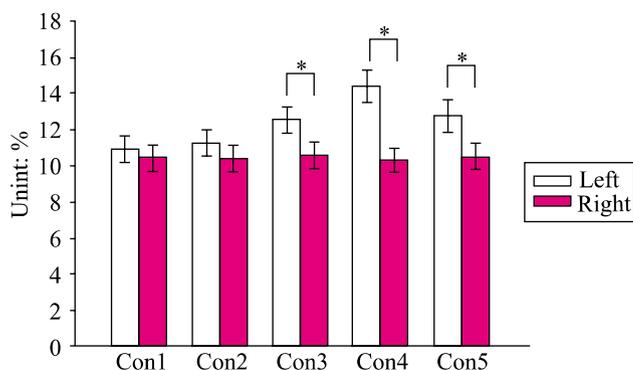


Figure 4. The comparison of relative impulse of 7 areas between left & right Met 1 during each condition(* $p < 0.05$).

IV. 고찰

본 연구에서는 보행 중 가방의 휴대 방법에 따른 인체의 여러 가지 자세 변화 중에서 발에서의 변화 양상을 알아보기 위해 F-scan system을 이용하여 발의 각 부위에서의 비례 추진력을 측정하였다.

가방의 무게는 성별이나 연령에 상관없이 건강한 사람이 충분히 들 수 있는 일반적인 무게인 체중의 15%²⁷를 기준으로 하였는데, Chow 등³¹은 비정상적인 자세를 유발하지 않는 가방의 무게 한계 범위는 체중의 10% 이하라고 하였고, Weir⁹와 Chow 등³¹, 그리고 Negrini와 Negrini³²는 가방의 무게가 체중의 10%-15% 이상일 경우 근골격계 문제가 유발되고, 비정상적인 자세 적응 기전이 나타난다고 하였다.

조직의 손상을 일으킬 수 있는 요소에는 발의 특정 부위에 가해지는 압력뿐만 아니라, 그 압력이 가해진 시간도 역시 족부의 병변을 초래하는 중요한 요소이므로, 단순한 최고 압력보다는 비례 추진력이 족부의 통증 및 궤양의 발생 기전을 포함한 병태 생리를 반영하는데 있어서 임상적으로 더 중요하다고 볼 수 있다.^{16,33-35}

본 연구에서 부위별 비례 추진력의 변화를 살펴보면 다섯 조건에서 모두 종골부가 가장 높았고, 다음으로 제2,3중족골두, 제1중족골두, 제4,5중족골두, 무지부, 중족부, 족지부 순이었다. 이는 Park 등¹⁹과 Park 등¹⁸의 연구와 약간의 차이는 있지만, 대체적으로 비슷한 양상을 보여 주었다. Park 등¹⁹은 경도의 경직형 양하지 뇌성마비 아동의 보행 시 비례 추진력을 측정한 연구에서 뇌성마비 아동은 내측 전족부에서 가장 높았고, 그 다음으로 중앙 전족부, 종골부와 무지부 순으로 나왔다. 그에 반해 정상 아동의 경우는 종골부에서 가장 높았고, 다음으로 중앙 전족부, 내측 전족부, 외측 전족부 순으로 다른 양상을 보였다고 제시하였다. Park 등¹⁸의 연구에 의하면 정상 아동은 종골부가 가장 높고, 다음으로 중앙 전족부와 무지부 순이었던 반면에, 뇌성마비 아동은 무지부와 내측 중족부에서 상대적으로 높은 양상을 보였다. 이는 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 족저 굴곡 상태에서 보행을 하기 때문에 종골부 부위의 압력이 감소하고, 상대적으로 무지부와 내측 전족부에 압력이 증가하며, 내측 중족부의 접촉 면적 증가하였기 때문이라고 제시하였다. Moon 등²⁶도 보행 시 내측 종골부에서 함시간 적분값과 비례 추진력이 가장 높았고, 다음으로 외측 종골부, 중앙 전족부(2,3중족골두) 순이라고 보고하였다. 이와는 달리 Moon 등¹⁶은 보행 시 함시간 적분값이 가장 높은 부위는 제2,3중족골두 부분이고, 다음은 외측 종골부라고 하였으며, 보행 시 비례 추진력(relative impulse) 또한 제2,3중족골두 부분이 가장 높고, 다음이 외측 종골부라고 제시하였다. 연구자들마다 비례추진력

의 크기 순서가 다른 이유는 대상 아동들의 일반적 특성들이 다르고, 뇌성 마비 아동의 마비 유형이 다르기 때문이라고 생각되며, 본 연구와 차이점을 보이는 것은 성인을 대상으로 하였고, 가방의 무게와 위치가 보행에 많은 영향을 주었기 때문이라고 사료된다.

본 연구에서 발에서 각 부위별 비례 추진력을 다섯 가지 조건 간에 비교한 결과 우측 발은 모든 영역에서 유의한 차이가 없었던 반면에, 좌측 발은 제1중족골두와 제2,3중족골두, 제4,5중족골두와 종골부에서 유의한 차이가 나타났다. 좌측 발을 분석해 보면 조건2는 조건1과의 비교에서 모든 영역에서 유의한 차이가 없었지만, 조건3에서는 제1중족골두와 중족부, 종골부는 비교적 증가하는 양상을 보였고, 제2,3중족골두와 족지부는 감소하였다. 조건4의 경우는 족지부와 제1중족골두에서는 증가하고, 제2,3중족골두와 제4,5중족골두, 중족부에서는 감소하는 양상을 보였으며, 조건5에서는 족지부와 종골부에서 다른 조건에 비해 감소한 수치를 보였다. 김창국과 신동민⁶의 연구에서 볼 수 있듯이 조건2의 경우 가방을 양쪽 어깨로 메어 가방 무게가 균등하게 분배되었기 때문에 자세 불균형으로 인한 자세 조절 기전이 상대적으로 적게 유발, 따라서 가방을 메지 않고 보행을 하는 조건1과 유사한 결과가 나온 것이라 판단된다. 그리고 조건3과 조건4, 조건 5에서는 다소 불규칙한 변화를 보여 주었는데, 가방 무게로 인해 정상적인 자세 조절 능력이 감소되어, 발의 기저면으로 체중심을 가져오는 적응 기전 과정에서 동요가 발생한 것으로 생각되며, 좌측 발에서만 일부 유의한 변화가 나타난 것은 자세 적응 기전에서 체간의 측굴 증가가 부하 반대쪽인 좌측 발의 지지 단계 동안 좌측 고관절의 외전 토크를 증가시키고³⁶, 이 토크가 좌측 발 바닥에서 회전을 유발하였기 때문일 것이다.

조건 내 좌·우 비교를 보면 가방을 양측으로 메는 조건2는 가방을 메지 않은 조건1과 비교해 발의 각 부위에서의 비례추진력이 큰 차이가 없었지만, 조건3에서 무지부가 우측 발에서 더 크고, 제1중족골두는 좌측 발에서 더 큰 수치를 보였다. 조건4에서는 족지부와 제4,5중족골두, 중족부가 우측 발에서 더 크고, 제1중족골두는 좌측 발에서 높은 수치를 보여 주었다. 그리고 조건5의 경우 무지부와 족지부는 우측 발, 제1중족골두는 좌측 발에서 높은 수치가 나타났다. 이처럼 조건3과 조건5에서는 내측 전족부에서의 변화가 컸는데, 이는 우측 발에서는 toe-off시 체중 이동이 무지부까지 이루어지면서 이 부분에서의 활동이 증가한 반면, 좌측 발에서는 완전한 toe-off가 이루어지지 않아 제1중족골두에서 비례추진력이 증가한 것으로 생각된다. 이러한 현상이 지속될 경우 보행 시 하지 관절에서의 관절가동 범위가 좌·우측 간에 차이가 나타나게 되고, 좌측 하지에서 toe-off 기간 동안 충분한 추진력을 발휘하지 못하게 될 것으로

사료된다. 그리고 조건4의 경우 내측 전족부인 제1중족골두에서의 비례추진력이 좌측이 더 컸고, 우측에서는 족지부와 제4,5중족골두, 중족부에서의 비례추진력이 좌측 발에 비해 컸다. 이는 가방을 가로 질러 메었을 경우 안준수³의 연구에서처럼 가방이 체간의 우측에 위치하게 되고, 이런 일측성 무게 부하로 인해 체중심이 중앙선에서 벗어나 우측으로의 편향이 유발되며, 이에 대한 자세 적응 기전이 발생했음에도 불구하고 체중심의 몸 중앙선으로의 회복이 완전히 이루어지지 않고 우측에 위치해 있게 되어, 좌측 발의 내측 전족부와 우측 발의 외측 전족부에서 비례추진력이 높게 나타난 것으로 사료된다. 또한 이러한 결과로 볼 때 장시간 보행 시 이 부위에서의 부담이 증가하게 되어 통증이나 인대 손상과 같은 질환이 유발될 가능성이 높으며, 양쪽 발의 종아치에서도 변화가 생기게 될 것으로 예상할 수 있다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, Crowe와 Samson²⁷의 연구처럼 가방의 비대칭 부하로 인한 발에서 비례추진력의 좌·우 불균형이 두드러지게 나타나지는 않았지만, 발의 특정 영역에서 비례추진력의 증가를 확인할 수 있었는데, 이러한 변화 양상을 학생들처럼 가방을 자주 휴대하는 사람들을 대상으로 올바른 가방 휴대 방법에 대한 교육에 기초 자료로 제시될 수 있을 뿐만 아니라, 앞에서 언급한 발에서의 근골격계 질환을 예방하기 위한 신발 개발에도 유용하게 이용할 수 있을 것이다. 신발의 경우 특히 당뇨병 환자들과 같은 말초혈관 순환장애가 있는 환자들에게는 아주 중요한데, 비례추진력이 증가하는 발의 특정 영역에서의 부담을 줄이기 위한 특수 신발 제작에 중요한 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다. 이와 더불어 본 연구의 결과를 바탕으로 하중으로 인한 발바닥에서의 변화와 예상되는 병리적 양상을 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 보행 시 가방의 휴대 방법이 비례추진력에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다. 연구 결과를 종합해 볼 때, 가방을 양측으로 메는 경우 정상 보행과 유사한 비례 추진력이 관찰되었지만, 가방을 한 쪽으로만 휴대할 경우에는 발의 특정 부위에 부담이 증가하는 비대칭적인 양상을 확인할 수 있었다. 이러한 비대칭성 압박이 발에 지속적으로 가해질 경우 발의 구조물에 염증이나 피로골절과 같은 근골격계 질환을 유발하게 되고, 더 나아가 이런 질환으로 인하여 2차적으로 자세 불균형이 초래될 것으로 예상된다. 따라서 가방의 무게를 균등하게 분배할 수 있는 backpack 형태의 가방이

올바른 휴대 방법이라 생각되며 이와 관련된 생역학적이고 기능적인 다양한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

Author Contributions

Research design: Park SJ

Acquisition of data: Park SJ

Analysis and interpretation of data: Park SJ, Kim MH

Drafting of the manuscript: Park SJ

Research supervision: Kim JS

Acknowledgements

본 논문은 박수진의 석사학위 논문 일부를 출판하였음

참고문헌

- Ahn JS. The effects of asymmetric load of shoulder bag on trunk and pelvis movement patterns of normal adult during gait. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
- 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.
- Oh JH, Choi SN. Effects of the length of schoolbag on gait posture. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2007;30:619-29.
- Jo SC. Effects of backpack weight on elementary school boy's walking. *The Korean Journal of Physical Education*, 2001;19(2):303-10.
- Kim MH. Changes in neck muscle electromyography and forward head posture during carrying of various schoolbags by children. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
- Kim CK, Shin DM. Kinematic analysis of book bag weight on gait cycle and posture of youth. *J Journal of Sport and Leisure Studies*. 1995;3(1):175-85.
- U DP. Analysis of gait characteristics and physiological loads on carrying tasks. Donga University. Dissertation of Doctorate Degree. 2001.
- Knapik J, Harman E, Reynolds K. Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Appl Ergon*. 1996;27(3):207-16.
- Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *CMAJ*. 2002;167(6):669.
- Kim YJ, Ji JG, Kim JT et al. A comparison study for mask plantar pressure measures to the difference of shoes in 20 female. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 2005;14(3):381-3.
- Kim JT, Park SH. The displacement of center of pressure during adult female gait based on the body mass. *Kyungnam Physical education study*. 2005;10(1):65-9.
- Kim JH, Hwang BY, Oh TY. Influence of trunk control using pelvic movements upon the foot pressure in patients with hemiplegia. *J Kor Soc Phys Ther*. 2007;19(5):11-9.
- Kim K, Park YH, Bae SS. Intermachine validity and reliability of the Fmat and Fscan. *J Kor Soc Phys Ther*. 2000;12(2):29-37.
- 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.
- Rosenbaum D, Becker HP. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3(1):1-14.
- 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.
- Kim DY, Park CI, Jang YW et al. Trunk kinematic analysis in hemiplegic gait. *Korean Journal of Stroke* 2007;9(2):128-33.
- 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 CI, Bae HS, Ko YH et al. The characteristics of foot pressure in children with mild spatic diplegic cerebral palsy related to medial arch formation. *The Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2003;27(1):33-7.
- Cho HY. The analysis of the kinematic variable on loading response during the walking. Academic essay of Honam University. 1998;19(2):1305-16.
- 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.
- Lee SY, Son GS, Jeon HJ et al. The effects of therapeutic exercise on the balance and gait in older adults. *J Kor Soc Phys Ther*. 2007;19(2):1-10.
- Gong WT, Han JT, Ro HL. The influence of contract-relax exercise on functional leg length inequality and muscle

- activity. J Kor Soc Phys Ther. 2009;21(1):49-56.
24. Koh EK, Jung DY. A review of biomechanical treatments for the diabetic foot. J Kor Soc Phys Ther. 2007;19(5):51-63.
 25. Kim JH. An influence of trunk control using pelvic movement upon the foot pressure of patient with hemiplegia. Yong-in University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
 26. Moon HW, Park SI, Rah UW et al. Foot pressure measurement using F-scan system in normal korean adults. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 1995;19(2):289-95.
 27. 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.
 28. Fowler NE, Rodacki ALF, Rodacki CD. Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. Gait Posture. 2006;23(2):133-41
 29. 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.
 30. 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.
 31. Chow DH, Kwok ML, Au-Yang et al. The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. Ergonomics. 2005;48(6):642-56.
 32. Negrini S, Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. Scoliosis. 2007;2:8.
 33. Duckworth T, Betts RP, Franks CI et al. The measurement of pressures under the foot. Foot Ankle. 1982;3:130-41.
 34. Franks CL, Betts RP, Duckworth T. Microprocessor-based image processing system for dynamic foot pressure studies. Med Biol Eng Comput. 1983;21:566-72.
 35. Soames RW. Foot pressure patterns during gait. J Biomed Eng. 1985;7(2):120-6.
 36. 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):512-7.