



신발의 종류와 발교정구의 착용 유·무가 중학생의 보행에 미치는 영향

김남희(이화여자대학교, 강사)·노미영*(이화여자대학교, 강사)·안선숙(이화여자대학교, 박사생)

국문초록

본 연구의 목적은 신발의 종류와 발교정구 착용 유·무에 따른 중학생의 보행에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 이를 위해 8명의 편평족 중학생을 대상으로 신발 3종(슬리퍼, 크록스, 운동화)과 발교정구 착용 유·무에 따른 보행패턴의 즉각적인 효과를 살펴보았다. 이후 6주 간 발교정구를 적용한 후 보행패턴의 지속적인 효과를 검증하였다. 보행패턴을 분석하기 위해 지면반력기(Kissler, Germany)와 E-med(Novel, Germany)를 이용하여 지면반력과 족저압력을 측정하였다. 보행 시 신발의 종류와 발교정구의 효과를 비교하기 위해 반복측정 이원분산 분석을 실시하였다. 분석결과, 첫째, 편평족 중학생의 보행에 있어 지면반력, 무게중심, 좌·우 역적 값은 발교정구 착용의 영향을 받는 것으로 나타났으며 신발의 종류에는 영향을 받지 않았다. 둘째, 신발 종류는 밀창의 정도에 따라 족저압력에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로 낮은 정도의 밀창을 가진 신발은 족저압력이 중경도의 밀창을 가진 신발보다 더 높게 나타났다. 따라서 발교정구의 효율성을 높이기 위해서는 중경도의 밀창을 가진 신발이 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 연구결과를 통해 향후 기능성 발교정구를 장착한 신발의 조건을 정형화시키고 현재 나오는 신발 모델들의 발교정구 적합성의 등급을 부여할 수 있는 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

한글주요어 : 신발의 종류, 발교정구, 청소년, 지면반력, 족저압력, 편평족

* 노미영, 이화여자대학교, E-mail : sprohmi0828@ewha.ac.kr

I. 서론

청소년들의 근골격계 질환은 갈수록 증대되고 있다(보험통계연감, 2016). 보험통계연감(2016)에 따르면, 청소년들의 근골격계 질환 관련 지출이 4위로 나타났으며 근골격계 질환 중 척추 측만증, 요통, 족부질환 등으로 병원에 내원하는 청소년들이 증가하고 있다.

청소년들의 자세문제 중 하나인 족부질환에 대한 2006년 국민의료보험공단 일산병원 재활의학과 조사자료에 따르면, 재활의학과를 방문한 165명의 청소년을 대상으로 족부질환 경험에 대한 조사에서 대상자의 61%가 족부질환을 이미 경험한 것으로 보고하였다(국민의료보험공단일산병원 재활의학과, 2006). 또한, 족부질환뿐만 아니라 청소년들의 발 변형과 자세를 분석한 연구에서는 연구대상자의 1%(n=98명)만이 시상면과 전두면 상의 정렬이 균형을 이루고 있다는 결과가 보고되어 청소년들의 자세정렬 문제가 심각한 것으로 나타났다(이경옥, 김남희, 2010).

특히 청소년은 성장 과정에서 매우 중요한 시기임에도 불구하고 보행에 가장 기본이 되는 발의 구조와 기능에 이상 현상이 증가하고 있는 추세이다(청소년 종합실태조사, 2016). 발의 구조와 기능에 영향을 주는 다양한 요인 중 부적절한 신발의 착용은 발 관절에 무리를 주게 되고 이는 자세 불균형, 근골격계 질환, 요통 등 건강위험에 쉽게 노출이 되게 하는 원인이 될 수 있다(강화숙, 2012)

신발의 종류와 보행의 관계를 살펴본 선행연구를 살펴보면, 기능성 신발과 운동화의 자세 안정성 연

구(조준행, 김로빈, 2017), 신발종류에 따른 운동 역학적 연구(이중훈, 2011), 신발 밀착 형태에 따른 보행 특성(최진승, 강동원, 문경률, 방운환, 탁계래, 2009) 등 활발히 이루어지고 있다. 연구결과, 성별과 신발의 종류에 따라 보행 특성에 유의한 차이가 나타났다. 하지만 대부분 성인을 대상으로 이루어지고 있으며 성장기 중요한 시기인 청소년을 대상으로 신발의 종류가 보행에 미치는 영향을 살펴본 연구는 전무한 실정이다.

급속히 증가하고 있는 청소년의 발 변형과 자세 부정렬을 해결하기 위해서 의료계의 비수술적 치료법인 기능성 발교정구(Foot orthotics)의 활용에 주목할 필요가 있다. 많은 연구들에서 맞춤형 발교정구는 자세와 보행 시 불균형 개선에 매우 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(김남익, 2014; 김남희, 이경옥, 2015; 송주호, 2008; 진소연, 2007; Donalelli, 1988, Sperryn & Restan, 1983, Wrobel et al., 2014).

발교정구의 효과를 살펴본 선행연구를 구체적으로 살펴보면, 자세와 보행에 대한 발교정구의 효과(김남희, 이경옥, 2015; 송주호, 2008; Wrobel et al., 2014), 발교정구 착용과 신체 발육발달에 대한 연구(김남익, 2014), 발교정구가 노인의 보행에 미치는 영향(서동권, 2019) 등 모든 연구에서 발교정구가 자세 및 보행에 긍정적인 효과를 보였다는 일관된 결과를 나타냈다. 또한 스포츠와 운동 분야에서 발의 피로도 개선 및 상해 예방을 목적으로 발교정구가 사용되고 있으며 연구결과, 전경골근과 비복근, 그리고 대퇴사두근의 근활성화 및 근피로도 개선에 효과적이라는 연구가 많이 보고되고 있

다(김로빈, 진화은, 2007, 서동권, 2019; 조찬민 등, 2016; Murley, Landorf, menz, & Bird, 2009, Hunt & Smith, 2004, Nawoczanski & Ludewig, 1999, Mundermann, Wakeling, Nigg, Neil Humble, & Stefanyshyn, 2006, Bird, Bendrups, & Payne, 2003). 하지만 발교정구의 효과를 살펴본 대부분의 선행연구들은 성인을 대상으로 하였으며, 자세 및 근골격계 기능 이상이 급격히 증가하고 있는 청소년을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다.

발교정구는 신발 안에 착용하여 발과 신발 사이에서 그 효과를 나타내는 매커니즘이다. 즉 발교정구와 신발의 영향 관계는 매우 밀접하다고 볼 수 있다. 그러나 지금까지의 대부분의 선행연구들은 보행에 영향을 미치는 환경적 요인으로 신발의 종류에 따른 보행의 변화(김민희, 2010; 이종훈, 2011; 최진승, 강동원, 문경률, 방운환, 탁계래, 2009) 또는 발교정구의 효과(김남희, 이경옥, 2015; 송주호, 2008; 진소연, 2007; Sperryn & Restan, 1983, Wrobel et al., 2014)와 같이 개별적인 영향력만을 검증하였으며, 두 변인 간 영향 관계를 살펴본 연구는 전무한 실정이다.

청소년들은 주로 교내에서 실내화나 운동화를 신는다. 청소년들이 선호하는 신발(예: 슬리퍼, 실내화 등)은 가볍고 편안하지만 보행 시 무게중심의 이동을 제어하지 못하고 무게중심의 이동을 가속시키는 원인이 되며, 이러한 현상이 지속되면 통증을 유발시키고 더 나아가 신체부정렬을 발생시킬 수 있다고 보고되었다(김민희, 2010). 따라서 청소년

들의 자세 및 신체정렬을 개선하기 위해 주로 신는 신발에 발교정구를 적용해 보고 그 효과를 살펴볼 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 청소년이 선호하는 신발의 종류(슬리퍼, 크록스, 운동화)와 발교정구의 착용 유·무에 따른 청소년의 보행패턴의 즉각적인 효과를 분석하고, 이후 6주 간 발교정구를 적용한 운동화를 신고 일상생활을 한 후 그 효과를 검증하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구대상자는 사전 인터뷰를 통해 선발한 15명의 학생 중 실제 측정하여 편평족(pes Plans)에 해당하는 중학생 최종 8명을 선발하였다. 편평족은 기립시 종골각도(Rest Calcaneous Stance Position ;RCSP)를 측정하여 -3° 이하일 때로 규정하였다. 연구대상자는 부모의 동의하에 실험참여를 희망하고 근골격계 부정렬과 균형 이상을 느끼는 청소년으로 정하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

특성	단위	M±SD	
나이	age	14.88	1.13
RCSP(Lt)	degree	-4.63	3.16
RCSP(Rt)	degree	-4	2.83
골반 좌·우높이차	degree	0.75	.89
골반회전방향(왼쪽기준)		0.25	1.04
골반 전후방경사(전방기준)		0.5	.76

2. 실험과제 및 기자재

1) 실험과제

본 연구에서는 10미터 직선 거리를 평소의 걸음 속도로 걷는 과제를 시행하였다. 이때 발교정구 착용 유·무와 3개 종류의 신발(슬리퍼, 크록스, 운동화)(그림 1)을 신고 보행 과제를 하였으며 각 조건마다 총 3회 실시하였다. 신발 종류의 디자인과 특성은 <표 2>와 같다.

보행로 중간 지점에 지면반력기와 Emed를 설치하였으며 모든 연구대상자는 출발 시 가장 편안한 발로 출발하여 Emed 중간을 오른발로 밟을 수 있게 충분히 연습한 후 실시하였다.



그림 1. 발교정구, 운동화, 크록스, 슬리퍼(좌로부터)

표 2. 신발 종류의 디자인, 물성의 특성

항목	운동화	크록스	슬리퍼
갑피	O	O	X(스트립)
밑창의경도	Shore A 55~60	Shore A 40~45	Shore A 50~55
뒤꿈치월형	O	X	X

2) 기자재

본 연구에 사용된 실험 장비는 GRF를 측정하기 위해 독일 Kistler사의 지면반력기(model 928B)를 사용하였으며 샘플링 비율은 1000Hz로 설정하였다. 족압(foot pressure)을 측정하기 위해서 스위스

Novel사의 Emed 족압측정기(V.654R, V.658L, novel, Germany)을 사용하였다(그림 2). 연구 도구를 통해 측정된 변인은 <표 3>와 같다.



그림 2. 지면반력기(좌), 족압측정기Emed(우)

표 3. 측정변인

변인	항목	내용
측정변인	시간	보행주기별 소요시간
	GRF	Fx, Fy, Integral
	COP	COP(x)
	Foot Pressure	MF%BW

3. 실험절차

본 연구는 신발의 종류와 발교정구의 착용 유·무에 따라 편평족 중학생의 보행에 미치는 영향을 살펴보기 위해 발교정구의 즉각적인 효과를 살펴보았다. 이후 6주 간 발교정구를 적용한 후 신발의 종류(슬리퍼, 크록스, 운동화)와 발교정구 착용 유·무에 따라 편평족 중학생의 보행에 미치는 지속적인 효과를 검증하였다.

4. 자료 분석 및 통계처리

본 연구에서 발교정구 유·무와 신발의 종류에 따른 보행패턴을 살펴보기 위해 보행주기는 4구간의 event로 나누어 분석하였다. event 1은 E1:뒤꿈치 닿기(Heel Contact:HC), event 2는 E2:발바닥 붙이기(Total Contact:TC), event 3는

E3:뒤꿈치 떼기(Heel Out:HO), event 4는 E4:발가락 떼기(Toe Out:TO)로 나누어 분석하였다(그림3). 발교정구 착용 유·무 시, 보행 시간은 보행 단계별 시간 및 총 보행 시간을 측정하였다. GRF는 발을 디뎠을 때 좌·우반력(Fx), 전후반력(Fy), COP는 좌·우(Ax), Integral을 보행단계별로 분석하였다(그림 4).



그림 3. 보행 분석 단계(E1:HC, E2:TC, E3:HO, E4:TO)

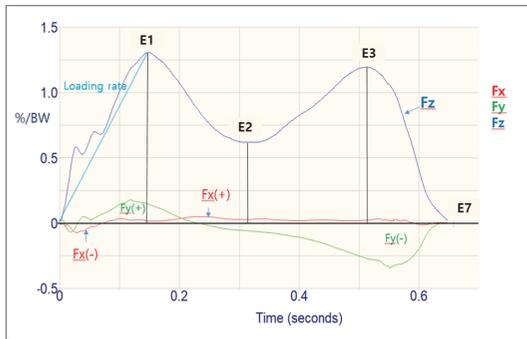


그림 4. 지면반력 분석 지점

족압은 전체 발 길이를 100%로 놓았을 때, 40%(61%~100%)를 전족(M3:발가락을 제외한 부분, M4: 무지, M5:소), 30%(31%~60%)를 중족(M2), 30%(0%~30%)를 후족(M1)으로 나누었으며(Carl et al., 2006), 총 5구역으로 나누어 체중대비최대힘(BW%Maximum Force)을 분석하였다(그림 5).

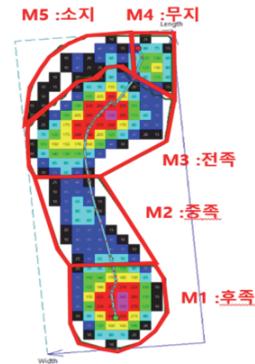


그림 5. 족압 분석 부위

운동학 및 운동역학적 변인을 측정된 데이터는 SPSS 22.0 통계 프로그램을 활용하여 다음과 같은 방법으로 분석하였다. 신발의 종류와 발교정구의 유·무에 따른 보행의 즉각적인 효과와 지속적인 효과를 비교하기 위해 반복측정 이원변량분석(repeated two way ANOVA)를 실시하였으며, 이때의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하여 검증하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 보행 시간

1) 보행 주기별 시간 변화

보행주기에 따른 단계별 구간의 보행시간은 발교정구 경험과 신발 종류에 유의한 차이를 나타내지 않았다(표 4).

2. 지면반력(GRF)

1) GRF F(x)

Medial-lateral Ground Reaction Force(Fx)

표 4. 발교정구 경험간의 보행 시간 차이(초)

실험 신발	E1	E2	E3	E4	Total	
차수 종류	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	
1	A	.171±.024	.168±.017	.210±.045	.182±.019	.731±.036
	B	.181±.032	.164±.014	.222±.036	.183±.014	.750±.047
	C	.163±.024	.165±.017	.220±.040	.185±.017	.732±.030
2	A	.177±.025	.170±.018	.219±.042	.183±.017	.749±.040
	B	.200±.031	.169±.023	.221±.051	.185±.015	.774±.050
	C	.182±.021	.176±.011	.215±.035	.190±.016	.763±.046
3	A	.237±.123	.167±.013	.223±.025	.463±.528	1.090±.638
	B	.263±.139	.168±.021	.222±.034	.465±.530	1.118±.640
	C	.227±.117	.172±.012	.216±.023	.475±.545	1.090±.648
F ¹	3.287	.929	.078	3.112	3.302	
F ²	1.293	.410	.072	.009	.066	
F ³	.090	.214	.263	.001	.003	

1) 1: 발교정구미착용, 2: 발교정구착용 직후, 3: 발교정구착용후 6주
 2) A: 운동화, B=크로스살내화, C=슬리퍼
 3) F¹: 발교정구경험효과검증, F²: 신발종류간 효과검증, F³: 상호영향력검증

표 5. 발교정구 경험 및 신발 종류에 따른 GRF Fx간의 차이(%BW)

실험 신발	E1	E2	E3	E4	Total	
차수 종류	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	
1	A	-.008±.031	-.013±.017	-.015±.035	-.001±.007	.731±.036
	B	-.016±.022	-.017±.017	-.017±.028	.002±.005	.750±.047
	C	-.008±.022	-.012±.023	-.010±.035	.002±.005	.732±.030
2	A	-.020±.021	-.013±.009	-.016±.026	.000±.006	.749±.040
	B	-.009±.040	-.011±.028	-.008±.044	.002±.007	.774±.050
	C	-.020±.024	-.014±.014	-.012±.028	.002±.006	.763±.046
3	A	.055±.046	.050±.036	.030±.045	-.069±.028	.916±.493
	B	.071±.036	.064±.026	.049±.052	-.079±.023	.770±.059
	C	.055±.043	.041±.033	.028±.045	-.077±.021	.739±.029
F ¹	18.757**	33.632**	7.022**	92.069**	1.092	
	(1(3), 2(3))	(1(3), 2(3))	(1(2), 1(3))	(1(2), 1(3))		
F ²	.320	.604	.492	.186	.066	
F ³	.883	2.052	.744	1.437	.003	

1) 1: 발교정구미착용, 2: 발교정구착용 직후, 3: 발교정구착용후 6주
 2) A: 운동화, B=크로스살내화, C=슬리퍼
 3) F¹: 발교정구경험효과검증, F²: 신발종류간 효과검증, F³: 상호영향력검증
 4) **<.001

에서 발교정구 경험에 따라 유의한 차이가 나타났다 (표 5). 발교정구의 즉각적인 효과를 측정된 결과, 세 신발군에서 모두 Fx 값은 내측 부하인 (-) 값이 크게 나타났으며 보행 마지막 단계에서 지면반력의 좌/우 값(F(x))은 0에 근접해 좌/우 균형에 가까운 측정값을 보여주었다. 이는 편평족 대상자들이 보행 시 내측 쓸림현상이 발생한다는 선행연구 결과

와 일치하는 결과였다(Valmassy, 2005).

그러나 발교정구를 6주 간 착용 후 측정된 결과, 보행주기 E1, E2, E3에서 모두 체중 중심선이 신체 외측으로 향하는 외측 부하 값을 나타냄으로써 발교정구가 편평족의 특성인 내측 쓸림 현상을 방지해 준 것을 알 수 있었다. 그리고 보행단계의 마지막인 발가락 떼기(E4)에서는 E4에서 F(x)값의 진행 방향이 신체 내측으로 전향되는 현상은 체중 지지기(E2)를 지나면서 발생한 뒤꿈치 들기(E3)단계에서 재회외(re-supination) 후, 정상적으로 체중이 내측으로 이동한 결과(Valmassy, 2005)로 사료된다.

그리고 E3에서 발생한 재회외력은 1st MPTJ (Metatarsophalangeal Joint)의 배측 굴곡력과 발바닥의 근막이 당겨지는 windlass 기전의 정상적으로 작동한 것으로 생각되며, 이는 F(x)값이 E3까지 신체 내측으로 향한 것과 비교했을 때 발바닥 근막의 과도한 긴장을 해결해 주어 족궁이 과도하게 편평화되는 현상을 막아준 것으로 사료된다.

이러한 결과는 신발과 발교정구가 내측 부하를 조절하여 족저근막의 장력을 조절할 수 있다는 Lin 외(2012)의 연구결과와 일치하는 것이다. 그리고 통계적으로 유의하게 나타나진 않았지만 보행의 전체 단계에서 F(x) 값은 크로스가 가장 크게 나타났으며 운동화와 슬리퍼는 비슷한 값이 나타났다. 특히 크로스에서 좌/우 부하 값의 변이가 가장 크게 나타나는 것은 3종류의 신발 종류 중 밑창의 부드러움이 가장 큰 크로스가 신체에 더 큰 흔들림을 유발하는 것으로 생각된다. 슬리퍼의 경우 체중지지기(E2)에서 높은 F(x)값을 나타낸 것은 크로스 와 운동화와는 달리 발의 감싸주는 갑피가 거의 존

재하지 않아 E2에서 갑피에서 막아줄 수 있는 F(x)값의 감소가 나타나지 않는 것으로 사료된다.

2) GRF F(y)

F(y)의 경우, E2와 E4 구간에서 발교정구 경험 간의 유의한 차이를 나타내었으며, E3 구간에서 신발 종류 간의 유의한 차이를 나타내었다(표 6).

특히 즉각적인 효과를 살펴본 결과, E2 구간에서는 제동력(F(x)(+)값)을 나타낸 것에 반해 지속적인 효과에서는 0 값에 가까운 제동력이 나타났다. 류시현 외(2018)의 연구는 즉각적인 효과에서 충격 흡수를 위해 경도의 인솔을 적용하는 것이 효과적이라고 보고하였다. 본 연구에서도 E2 구간에서 경도의 인솔이 충격 흡수에 효과적인 결과를 나타내는 것으로 동일한 결과를 보여주었으며 이 결과는 즉각적인 인솔 효과보다 지속적으로 인솔을 착용했을 때 효과가 증가된다는 것을 추가적으로 증명하였

다. 특히 충격 흡수 후 전방으로의 추진 구간인 E4에서 사후 실험2에서만 추진력을 나타내는 (-)값으로 표기하였고 인솔의 F(y) 추진 효과는 즉각적으로 나타나는 것이 아닌 지속적인 인솔 착용으로 형성되는 것으로 사료된다. 뒤꿈치를 들어 올리는 E3 구간에서 유일하게 신발 간의 차이가 나타났다. 즉각적인 효과 결과, 운동화에서 가장 큰 충격력을 나타낸 것에 비해 지속적인 효과 결과, 슬리퍼에서 가장 큰 제동력을 나타냄으로 뒤꿈치를 감싸주는 디자인이 인솔의 충격흡수력이 나타내는 것을 도와주는 장치임을 알 수 있었다. 특히 뒤꿈치를 잡아주는 디자인은 크록스에 비해 운동화가 월형(counter)이라는 보강재를 통해 뒤꿈치를 잡아주는 디자인을 가지고 있었으며 이 결과 크록스보다 운동화가 더 작은 충격력을 나타냄으로 선행연구(류시현 외, 2018; 김민희, 2010)에 나타난 인솔의 충격흡수력 또는 제동력을 극대화시키기 위해서는 뒤꿈치를 잡아주는 디자인이 효율적임을 알 수 있었다.

표 6. 발교정구 경험 및 신발 종류에 따른 GRF Fy간의 차이(%BW)

실험 신발 차수 종류	E1 M±SD	E2 M±SD	E3 M±SD	E4 M±SD
1	A .151±.056	-.030±.037	-.219±.047	-.002±.010
	B .168±.076	-.018±.027	-.104±.111	-.007±.011
	C .150±.065	-.023±.027	-.102±.111	-.005±.013
2	A .152±.057	-.034±.021	-.104±.118	-.003±.011
	B .135±.053	-.038±.031	-.107±.118	-.003±.008
	C .150±.053	-.040±.022	-.115±.132	.000±.014
3	A .179±.046	.004±.016	-.168±.035	.013±.014
	B .159±.066	-.002±.032	-.168±.037	.009±.017
	C .169±.047	.000±.034	-.175±.038	.010±.014
F ¹	.940	8.774** (1)2, 2(3)	1.681	5.990* (1)2, 1(3)
F ²	.083	.036	6.183* A<C, B<C	.737
F ³	.717	.733	12.136**	.595

1) 1:발교정구미착용, 2:발교정구착용 직후, 3:발교정구착용후 6주
 2) A:운동화, B=크록스심내화, C=슬리퍼
 3) F¹:발교정구경험효과검증, F²:신발종류간 효과검증, F³:상호영향력검증
 4) **<.001, *<.05

3) GRF F(z)

F(z)의 경우, 신발 종류 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으며 인솔 간에는 E3에서 유의한 차이가 나타났다(표 7).

전영완과 신성훈(2007)의 연구에 의하면 E3에서 체중의 120%까지 부하되는 F(z)값이 인솔의 종류에 따라 110% 내외로 감소되어 인솔이 지면 반력을 줄이는 효과가 있다고 보고한 것처럼 본 연구에서도 F(z)값은 모든 신발의 종류에서 인솔을 착용하지 않은 경우 신체 체중 대비 120% 내외에

표 7. 발교정구 경험 및 신발 종류에 따른 GRF Fz간의 차이(%BW)

실험 신발 차수 종류	E1 M±SD	E2 M±SD	E3 M±SD
1	A 1.196±.100	.764±.085	1.222±.087
	B 1.191±.106	.779±.062	1.222±.068
	C 1.181±.095	.780±.072	1.180±.062
2	A 1.184±.067	.784±.078	1.223±.088
	B 1.185±.102	.801±.092	1.194±.091
	C 1.216±.111	.765±.090	1.164±.080
3	A 1.150±.054	.765±.047	1.151±.069
	B 1.121±.056	.779±.067	1.134±.067
	C 1.160±.096	.751±.075	1.126±.059
F ¹	2.250	.364	7.094**
F ²	.381	.499	2.380
F ³	.683	.417	.604

1) 1: 발교정구미착용, 2: 발교정구착용 직후, 3: 발교정구착용 후 6주
 2) A: 운동화, B=크록스실내화, C=슬리퍼
 3) F¹: 발교정구경험효과검증, F²: 신발종류간 효과검증, F³: 상호영향력검증
 4) **<.001, *<.05

서 반력이 측정된 것과는 달리, 인soles 신은 후 6 주 후, 체중 대비 120%의 부하를 나타냄에 따라 신발의 밑창보다는 인soles 착용의 차이가 충격력 흡수에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

또한, 김의환 외(2010)의 연구에 따르면 충격흡수를 위해 인soles의 재질을 Shore A 20~25 정도의 인soles이 Shore A 30~40 정도의 인soles보다 충격력이 더 작게 나타난 것을 볼 때, 밑창과 발교정구의 경도는 수직 충격력을 줄이는 데 효과가 있을 것으로 판단된다.

3. 무게 중심(COP)

좌·우의 COP Ax의 움직임은 전 보행단계에서 발교정구 경험 간에 유의한 결과를 나타내었다(표 8). 특히 지속적인 효과를 측정된 결과, 신발의 종류에 관계없이 E1, E2, E3에서 유의한 감소 효과를 나타내었다. 그리고 E4에서는 사후 실험 1·2에 비해 높은 Ax 값을 나타내었다.

표 8. 발교정구 경험에 따른 COP Ax간의 차이(%BW)

실험 신발 차수 종류	Ax_E1 M±SD	Ax_E2 M±SD	Ax_E3 M±SD	Ax_E4 M±SD
1	A -0.078±0.024	-0.086±0.021	-0.088±0.025	0.049±0.109
	B -0.065±0.030	-0.076±0.029	-0.081±0.027	0.038±0.160
	C -0.069±0.021	-0.076±0.021	-0.078±0.018	0.247±0.566
2	A -0.069±0.014	-0.074±0.011	-0.077±0.017	0.119±0.361
	B -0.057±0.041	-0.061±0.041	-0.065±0.041	0.096±0.194
	C -0.056±0.027	-0.062±0.025	-0.064±0.024	0.045±0.226
3	A -0.033±0.018	-0.036±0.018	-0.037±0.019	0.981±0.935
	B -0.047±0.019	-0.050±0.020	-0.051±0.025	0.558±0.524
	C -0.041±0.022	-0.047±0.025	-0.046±0.025	1.490±0.926
F ¹	8.434*	11.408**	15.519***	5.316
F ²	.744	.577	.444	.035
F ³	.736	.566	.463	.080

1) 1: 발교정구미착용, 2: 발교정구착용 직후, 3: 발교정구착용 후 6주
 2) A: 운동화, B=크록스실내화, C=슬리퍼
 3) F¹: 발교정구경험효과검증, F²: 신발종류간 효과검증, F³: 상호영향력검증
 4) *p<.05, **p<.001

이 결과는 F(x)의 값과 연동되어 나타난 것으로 보이며 발교정구가 내측 부하를 지지해 줌으로써 COP의 내측 솔림이 신발의 종류에 상관없이 효과적으로 막아주는 것으로 특히 F(x)에서는 사전 실험1, 사후 실험1에는 차이가 거의 없던 것에 비해 COP에서는 사전 실험1, 사후 실험1·2간에 점차적인 COP 값의 변동이 나타남으로써 발교정구가 지속적으로 체성감각과 고유감각수용기를 자극해서 신체의 안정성에 영향을 주고 이것이 신체 균형을 개선시킬 수 있다는 선행연구와 일치했다(Annino et al., 2016).

4. 역적

발교정구 착용 경험과 신발 종류에 따른 좌·우 역적(integral Fx)의 차이에서는 발교정구의 경험에서 (+) integral_Fx, integral total 값에서 유의한 차이가 나타났으나 신발의 종류는 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 9).

표 9. 발교정구 경험에 따른 좌우 Integral(역적)간의 차이(%BW)

실험 신발 차수 종류	Integral_Fx_plus M±SD	Integral_Fx_minus M±SD	Integral_Fx_total M±SD
1	A .007±.005	-.010±.010	.017±.006
	B .006±.003	-.011±.008	.017±.006
	C .008±.007	-.010±.009	.018±.007
2	A .005±.002	-.010±.007	.015±.006
	B .005±.002	-.013±.009	.018±.006
	C .006±.003	-.011±.008	.017±.005
3	A .031±.013	-.014±.009	.055±.030
	B .039±.018	-.017±.011	.056±.023
	C .030±.015	-.019±.011	.049±.015
F ¹	21.710*** 1)2, 1<3	4.361* 1)3	28.914*** 1<2,2<3
F ²	.477	.654	.458
F ³	.837	.520	.696

1) 1:발교정구미착용, 2:발교정구착용 직후, 3:발교정구착용후 6주
 2) A:운동화, B=크로스살내화, C=슬리퍼
 3) F¹:발교정구경험효과검증, F²:신발종류간 효과검증, F³:상호영향력검증
 4) *(<.05, **(<.001

F(x)값의 결과와 같이 사전 실험 1, 사후실험 1에서 역적F(x) Plus 값의 차이가 거의 없었으나 사후실험 2는 확연히 커진 F(x) Plus 값을 나타내어 발교정구의 지속 착용이 뒤꿈치 닿기 시의 회내(pronation)작용을 조절하여 정상적인 발의 굴림 현상을 유도한다는 것을 알 수 있다. 그리고 F(x) Minus 값의 차이는 각 발교정구 실험군 간에는 나타나지 않아 내측 부하가 필요한 부분에서 내측 뒤꿈치 들기 이후 정상적인 pronation 반응이 이루어지는 것을 알 수 있었다.

신발 간의 비교에서는 상대적으로 크록스는 외측 쓸림이, 슬리퍼는 내측 쓸림이 강하게 나타났다.

5. 족저 압력(Plantar Pressure of Foot)

족저 압력의 최대힘(Maximum force)에서는 발 전체의 압력이 발교정구 경험과 신발 종류 모두 통계적으로 유의하게 나타났다. 부위별 최대힘을

보면 M3(중족), M04(무지)에서 발교정구 경험이 유의하게 나타났고 모든 부위에서 신발 종류 간에는 유의한 차이가 나타났다(표 10).

체중 대비 전체 최대힘 값에서 발교정구 착용 전후와 상관없이 운동화, 슬리퍼, 크록스 순으로 나타났다으며 사후 실험1·2에서 지속적으로 힘값이 줄어드는 특징을 보였다(표 10). 이는 경도가 강할수록 최대힘, 최대압력, 최대평균압력이 크게 나온다면 이경덕 외(2019)의 연구결과와 일치했다. 이경덕(2019)의 연구에서는 같은 강도의 신발이라도 삽입의 기능성에 따라 압력과 힘을 감소시킬수 있다고 보고하고 있으며 이 결과는 발교정구 적용 시 전 구간에서 체중 대비 최대힘이 감소된 결과를 나타낸 본 연구의 결과와 일치하였다.

대부분의 연구에서는 사후 실험1의 즉각적인 효과에 대해 많이 보고되고 있다. 반면 의료용 발교정구를 처방하는 현장의 경우, 발교정구 착용 후의 결과보다는 발교정구 착용 2-4주 뒤의 내원을 요청하여 발교정구의 효과에 대해 확인하는 경우가 대부분이다.

본 연구에서 확인한 족압 발교정구의 사후실험 1과 2에서 중족(M02), 소지(M05)에서 나타난 결과값과 사후실험 2에서 나타난 값이 반전되는 결과를 보이는 것으로 나타나는 것은 발교정구를 착용한 직후의 결과에 따른 효과가 6주간의 긴 시간을 발교정구를 착용할 시 다시 돌아갈 수 있다는 점을 나타낸다. 이 결과는 발교정구의 효과를 검증하기 위해서는 즉각적인 착용 효과보다는 장시간 착용 후의 결과를 보는 것이 항목에 따라 효과적일 것이라는 가능성을 제시하는 것으로 생각된다(표 10)(그림 6).

표 10. 발교정구 경험 및 신발 종류에 따른 체중 대비 최대힘(kpa%BW)

실험 차수	신발 종류	MF(%BW)_Total M±SD	MF(%BW)_M01 M±SD	MF(%BW)_M02 M±SD	MF(%BW)_M03 M±SD	MF(%BW)_M04 M±SD	MF(%BW)_M05 M±SD
1	A	751.79±154.87	452.73±128.96	254.30±107.82	522.48±161.05	178.41±26.01	114.51±30.31
	B	731.81±164.11	470.67±79.57	202.29±99.72	500.99±135.46	155.68±40.42	122.54±32.82
	C	737.06±163.62	494.84±110.47	240.19±100.55	429.42±92.62	135.96±40.61	82.31±38.04
2	A	735.18±146.83	424.74±87.66	229.73±95.17	550.80±149.92	167.04±46.05	105.33±23.17
	B	718.45±166.68	457.56±90.28	169.33±80.46	479.64±111.58	144.74±31.29	105.43±29.76
	C	724.31±155.83	507.26±124.78	228.81±99.12	415.84±77.64	117.38±52.56	83.67±45.32
3	A	708.53±162.40	447.66±86.31	241.05±80.27	479.92±161.40	151.51±43.39	110.45±40.51
	B	683.39±140.84	431.84±90.96	172.80±69.09	446.38±102.18	135.04±42.66	114.28±34.06
	C	703.70±185.65	489.73±144.96	227.84±97.91	392.71±84.15	120.43±38.36	81.85±33.03
F ¹		11.121 ^{**} 1)3, 2)3	1.008	4.092 [*] 1)3, 2)3	14.667 ^{**} 1)3, 2)3	4.053 [*]	1.374
F ²		4.314 [*] A)B	4.809 [*]	5.825 [*] A)C	12.243 ^{**} A)C, B)C	9.758 ^{**} A)C	3.918 [*] A)B
F ³		.171	.868	.396	1.444	.327	.311

- 1) 1: 발교정구미착용, 2: 발교정구착용 직후, 3: 발교정구착용 후 6주
- 2) A: 운동화, B: 크로스신내화, C: 슬리퍼
- 3) F¹: 발교정구경험효과검증, F²: 신발종류간 효과검증, F³: 상호영향력검증
- 4) * < .05, ** < .001

족압의 결과를 볼 때 전체 족압의 평균값은 발교정구전에 비해 발교정구 착용 후에 감소되는 것으

로 나타났으나 슬리퍼의 경우는 발교정구 착용 전과 착용 후 6주간의 차이가 거의 나지 않아 신발에 따라 발교정구의 효과가 다르다는 것을 알 수 있다. 특히 F(x) 값의 좌·우 값의 크기가 커지는 결과와 연계한 후족(M01) 족압은 모든 신발 종류에서 증가하였다. 사후실험2에서는 M01을 제외한 M03.04.05에서 감소한 것으로 나타났으며 M02는 사전실험1과 비슷한 값을 나타내었다. 이 결과는 뒤꿈치 닿기 후의 발의 굴림현상으로 인한 힘의 전이가 원활히 일어나는 것으로 분석된 지면 반력 결과와 일치하는 것으로 생각된다.

후족(M01)에서 실험 3은 크로스화가 가장 큰 값을, 운동화와 슬리퍼가 비슷한 값이 나타난 것을 볼 때 후족의 압력을 제어해 주는 것은 밑의 경도가 중요하다는 것을 보여준다. 류시현 외(2018)의 연구에서도 아치를 지지하기 위해 중족 부위의 인

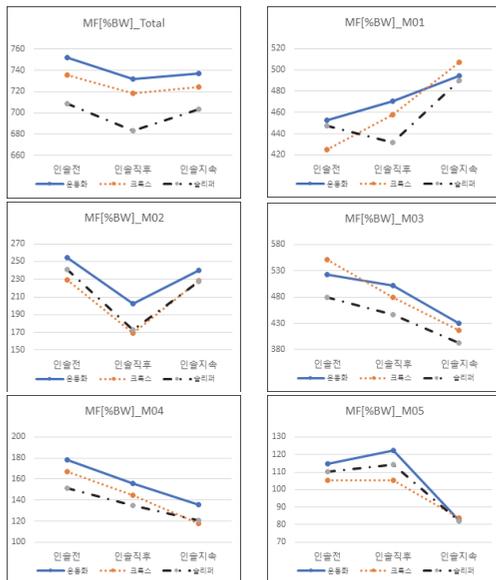


그림 6. 발교정구 경험 및 신발 종류에 따른 체중 대비 최대힘(kpa%BW)

솔의 강도가 딱딱한 것이 효과적이라는 결과와 일치한다. 즉 후족의 너무 부드러운 재질의 밑창은 발이 지면과 부딪치면서 충격을 회피하기 위해 회내에서 회외 움직임으로 변환되는 시간을 늦추게 되고 E1에서 E2로 진행되어 E3 단계에서 재회외 되기까지 과도한 회내 움직임을 창출하게 되는 것은 원인으로 판단된다. 이러한 연구 결과로 볼 때 족압에 영향을 주는 요인은 신발의 디자인보다는 밑창의 경도에 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 신발의 종류와 발교정구의 착용이 편평족 청소년에게 미치는 영향을 알아보기 위해 지면반력과 족저압력 분포를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 편평족 청소년의 보행에 있어 지면반력은 신발 종류보다는 발교정구 착용의 영향력이 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 F_y 의 제동력은 뒤꿈치를 잡아주는 신발의 디자인에 영향을 받았다.

둘째, 무게중심은 발교정구 착용의 영향을 받았으나 신발 종류에는 영향력을 받지 않았다.

셋째, 좌·우 역적 값은 발교정구 착용의 영향력을 받았고 신발 종류에는 영향을 받지 않았다

넷째, 체중 대비 최대압력 분포에서는 발교정구

착용 유·무보다 신발 종류에 더 영향을 받는 것으로 나타났다.

이런 결론으로 볼 때, 발교정구의 착용은 발의 내측 부하를 막아주어 외측으로의 체중 지지를 유도하고 이를 통해 발의 굴림을 통한 windlass 기전이 정상적으로 발현되도록 도와주는 것을 알 수 있었다.

또한, 신발의 종류는 밑창의 경도에 따라 족저압력에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 발교정구의 효율성을 높이기 위해서는 중강도의 밑창을 가진 신발의 종류가 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다.

이 결론은 편평족 청소년에게 발교정구는 보행 패턴을 개선시킬 수 있으며 적절한 밑창 강도를 가진 뒤꿈치를 잡아주는 디자인의 신발을 신었을 때 시너지 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

이를 통해, 향후 기능성 발교정구를 장착하는 신발의 조건을 정형화시키고 현재 나오는 신발 모델들의 발교정구 적합성 등급을 부여할 수 있는 기초 자료로 사용될 수 있기를 기대한다.

Acknowledgment

이 성과는 한국연구재단의 2017 시간강사 지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017S1A5B5A07065149).

참고문헌

- 강화숙(2012). **발 변형 측정 방법의 타당성**. 이화여자대학교 석사학위 청구논문.
- 김경숙, 이경옥, 원형중, 박승하, 이승민, 권보영, 김남희(2011). 체육영재 프로그램이 체력과 발 변형에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 25(4), 181-193.
- 김남익(2014). 발교정구 착용과 신체 발육발달. **한국발육발달학회지**, 22(4), 339-347.
- 김남희, 이경옥(2015). 편평족 중학생의 고관절 교정 운동 프로그램과 발교정구 착용 유·무가 안정성 중 골기립 각도, 발목의 가동범위, 코어 근력에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 25(4), 401-412.
- 김로빈, 진화은(2007). 달리기시 맞춤형 발보조기 사용이 피로물질변화에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 31, 893-900.
- 김민희(2010). **걷기와 달리기 시 실내화 종류가 청소년들의 보행패턴에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 인하대학교 대학원
- 김의환, 조효구, 정태운, 김성섭, 정재욱(2010). 기능성 인솔유형들의 생체역학적 평가. **한국운동역학회지**, 20(3), 345-353
- 류시현, 길호중, 공세진, 최용석, 류지선, 윤석훈, 박상균(2018). 발바닥 부위별 인솔 소재 및 경도 변화가 착화감과 충격흡수에 미치는 영향. **대한인간공학회**, 37(4), 475-487
- 보험통계연감(2016). 서울:보험개발원.
- 서동권(2019). 기능적 발교정구가 노인의 보행에 미치는 영향. **한국신학기술학회 논문지**, 20(12), 280-286.
- 송주호(2008). 자연과학: 보행 시 발교정구 착용에 따른 운동학적 비교 연구. **체육과학연구**, 19(3), 11-21.
- 이경득, 김대웅, 유중현, 정재민, 박경환, 박정복(2019). 신발의 미드솔 경도 및 인솔 종류에 따른 족저 압력 분석. **대한인간공학회 학술대회논문집**, 2019(5), p205.
- 이중훈(2011). 주행 시 신발종류에 따른 운동역학적 비교 분석. **한국체육과학회지**, 20(6), 1395-1403.
- 조준행, 김로빈(2017). 서 있는 자세에서 기능성 신발과 운동화의 자세 안정성 비교분석. **한국사회체육학회**, 67, 533-539.
- 조찬민, 김성은, 무랄리, 홍승희, 이주형, 박세진, 민승남(2016). 기능성 발교정구 신발의 인간공학적 평가. **대한인간공학회 학술대회논문집**, 639.
- 진소연(2007). **발교정구 (Foot orthotics) 를 착용한 걷기운동이 발, 자세, 압력분포, 균형 및 통증에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 진영완, 신성훈(2007). 인솔 차이에 따른 런닝화의 운동역학적 비교. **한국운동역학회지**, 17(2), 51-59.
- 청소년종합실태조사(2016). 보건복지부.
- “청소년들 발 건강, 문제 많다”, <헬스조선뉴스>, 2006. 03.14., <http://m.health.chosun.com/svc/news_view.html?contid=2006031456010>

- 최진승, 강동원, 문경률, 방윤환, 탁계래(2009). 신발 밑창 형태의 변화가 보행 시 하지에 미치는 영향. **대한인간공학회 학술대회논문집**, 377-380.
- Annino, G., Palazzo, F., Alwardat, MS., Manzi, V., Lebone, P., Tancredi, M., Padua, E.(2016), Effects of long-term stimulation of textured insoles on postural control in health elderly, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(4), 377-384
- Bird, A. R., Bendrups, A. P., & Payne, C. B. (2003). The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. *Gait & Posture*, 18(2), 81-91.
- Donatelli, R., Hurlbert, C., Conaway, D., & St. Pierre, R. (1988). Biomechanical foot orthotics: A retrospective study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 10(6), 205-212.
- Hunt, A. E., & Smith, R. M. (2004). Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clinical Biomechanics*, 19(4), 391-397.
- Lin, S.C., Chen, C, Tang, S., Wongc,A., Hsieh, J.H., Chen, W.P.(2012). Changes in windlass effect in response to different shoe and insole designs during walking, *Gait & Posture*, 37, 235-241.
- Mündermann, A., Wakeling, J. M., Nigg, B. M., Humble, R. N., & Stefanyshyn, D. J. (2006). Foot orthoses affect frequency components of muscle activity in the lower extremity. *Gait & Posture*, 23(3), 295-302.
- Murley, G. S., Landorf, K. B., Menz, H. B., & Bird, A. R. (2009). Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: A systematic review. *Gait & Posture*, 29(2), 172-187.
- Nawoczinski, D. A., & Ludewig, P. M. (1999). Electromyographic effects of foot orthotics on selected lower extremity muscles during running. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(5), 540-544.
- Sperryn, P. N., & Restan, L. (1983). Podiatry and the sports physician--an evaluation of orthoses. *British Journal of Sports Medicine*, 17(4), 129-134.
- Wrobel, J. S., Ammanath, P., Le, T., Luring, C., Wensman, J., Grewal, G. S...Pop-Busui, R. (2014). A novel shear reduction insole effect on the thermal response to walking stress, balance, and gait. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 8(6), 1151-1156.

Effects of Shoe Type and Foot Orthotics Experience on Gait in Adolescent Student with Pes Planus

Namhee Kim · Miyoung Roh (Ewha Womans University, Lecturer) · Sunsuk An(Ewha Womans University, PH.D Candidate)

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the effects of shoe type and foot orthotics(FO) experience on gait for adolescent students with Pes Planus from Seoul City. In pretest, we examined the immediate effect of gait pattern on 8 adolescent student with pes planus with 3 types of shoes(slipper, crocs, sneaker) and with/without foot orthotics. In post-test, we verified effects of foot orthotics after applying the orthodontic foot for 6 weeks. 8 adolescent student with pes planus were evaluated foot type test(RCSP $<4^\circ$). During Gait, Ground Reaction Force(GRF; F(x), F(y)), Center of Pressure(COP), F(x)Integral, gait time, Plantar Pressure(PP) were measured. Statistical analysis was performed with Repeated two-way ANOVA via IBM SPSS 22.0 version. As the result, First, in the Gait of adolscent student, GRF(x), GRF(y), COP, F(x)integral were significantly affected by Foot Orthotics, not Shoe Type. Second, Shoe Type was affected by PP according to the stiffness of outsole. PP was higher for the shoe with low stiffness outsoles than for shoes with over medium stiffness. Therefore, it was concluded that shoes with over medium stiffness outsole are suitable to improve the efficiency of FO. It is expected that This study can be used as a basic data to standardize the conditions of Footwear to make synergy effect with FO for adolscent student with Pes Planus.

Key words: Shoe Type, Foot Orthotics, Adolscent student, GRF, Foot Pressure, Pes Planus

논문 접수일 : 2020. 5. 15

논문 승인일 : 2020. 6. 18

논문 게재일 : 2020. 6. 30