KJSB Korean Journal of Sport Biomechanics 2020; 30(4): 321-335
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2020.30.4.321
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

The Effects of Neck Traction and Foot Type on Plantar Pressure Distribution during Walking

경추 견인기 부착 여부에 따른 발 형태별 보행 시 족저압에 미치는 영향

Miran Hong[1], Kyoungock Yi[2]

[1]Major of Kinesiology and Sports, Graduate School of Human Movement Studies, Ewha Womans University, Seoul, South Korea
[2]Division of Kinesiology and Sports Studies, College of Science and Industry Convergence, Ewha Womans University, Seoul, South Korea

Received : 04 November 2020
Revised : 22 December 2020
Accepted : 26 December 2020

Corresponding Author
Kyoungock Yi
Division of Kinesiology and Sports Studies, College of Science and Industry Convergence, Ewha Womans University, 52 Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul, 03766, South Korea
Tel : +82-2-3277-2557
Fax : +82-2-3277-2850
Email : yikok@ewha.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of neck traction and foot type on plantar pressure distribution during walking.

Method: Total of 24 data were collected from women working with a computer for more than 6 hours every day. Three groups by foot type were divided: Pes Planus, normal foot, and Pes Cavus. Depending on the foot type and cervical traction, plantar pressure variables were measured; CA, MF, PP, and CT. Each variable was divided into 12 masks. MANOVA was performed for the difference of plantar pressure variables by foot type, and a paired t-test was performed for the cervical traction within groups.

Results: The total CA decreased in the Pes Planus (p<.001) and Pes Cavus (p<.05) groups. MF increased in the big toe (p<.01) and 2nd toe (p<.05) of the normal foot, and MF-3rd metatarsal decreased (p<.01). The MF-2nd toe (p<.01) and 3rd toe (p<.05) of Pes Cavus decreased. The PP decreased in 2nd toe (p<.05), 3rd toe (p<.01), and 4th toe (p<.05) of the Pes Cavus. In normal foot, the PP-3rd metatarsal (p<.05) and PP-4th metatarsal (p<.01) reduced. In Pes Planus, PP decreased in the hindfoot (p<.05). In Pes Cavus group wearing a neck-tractor, the CT-hindfoot increased (p<.05).

Conclusion: There was a significant change in the plantar pressure change by foot type after neck traction. When walking with a neck-tractor, the heel impact was alleviated in the Pes Planus, and the Pes Cavus showed the smooth and effective propulsion in the push-off. Overall, weight acceptance was effectively performed when walking with neck-traction. It was also found that the neck-tractor corrects the alignment of the neck, thereby creating a more stable gait pattern.

Keywords: Gait, Cervical alignment, Neck traction, Foot type, Plantar pressure distribution, EMED

INTRODUCTION

보행은 반복적인 상지와 하지의 움직임을 이용하여 자세의 안정성을 유지하면서 동시에 몸을 앞으로 이동시키는 것이다(Perry & Burnfield, 2010). 그러므로 보행은 팔, 다리의 분절 움직임과 전체 무게중심의 상호 작용에 의해 이루어진다. 안정적인 보행은 무게중심 조절과 자세 감각을 통해 머리에서 발끝까지 자연스럽고 효율적인 움직임으로 연결될 때 가능하다. 보행 시 무게중심의 전방 이동은 상하지 분절의 움직임뿐만 아니라 경추의 정렬도 영향을 미친다(Bricot, 1996; Daffin, Stuelcken & Sayers, 2019; Lee, 2016). 경추의 정렬은 두부의 정렬을 결정하고, 이것이 상지 뿐만 아니라 골반, 하지, 발의

Copyright © 2020 Korean Journal of Sport Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

정렬에까지 연쇄적으로 변화를 가져올 수 있다(Bricot, 1996). 걸어 다니는 인체는 경추 1번(Atlas)과 2번(Axis)을 축으로 매달려 이동하는 것이므로 경추의 정렬이 맞지 않으면 아래로 내려갈수록 어깨, 척주, 골반, 하지, 발에 이르기까지 모든 관절에 기계적 변형을 유발할 수 있다(Bricot, 1996; Kang et al., 2012; Lee, 2016; Sather, 2016).

보행을 조절하는 감각은 전정계, 시각 그리고 고유수용감각이다(Kabbaligere, Lee & Layne, 2017; Yu, Lee, Lee & Kim, 2019; Sather, 2016). 특히, 고유수용감각은 보행과 자세를 조절하는 핵심 역할을 한다(Kim, Kang, Kim & Lee, 2019; Koo & Oh, 2016). Koo & Oh (2016)는 고유수용감각 운동이 전통적인 물리치료에 비해 균형능력과 보행능력 향상에 더 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 특히 발목과 발의 고유수용감각은 보행과 자세조절에서 중요한 역할을 한다(Park & Lee, 2019; Sather, 2016). Kabbaligere 등 (2017)은 자세조절에 주요 기능을 하는 시감각(Visual sensorimotor)과 발목 고유수용감각(Ankle proprioception)의 처치 실험을 통해 발목의 고유수용감각이 시감각보다 더 큰 역할을 한다는 것을 확인하였다.

지금까지 보행 시 자세조절과 무게중심 이동에 관한 연구들은 주로 하지의 분절 움직임에 대한 연구가 대부분이었다(Nigg, 2001; Kim et al., 2019; Kim & Yi, 2015; Lin, Gfoehler & Pandy, 2014; Woo & Park, 2015). 보행은 상지와 하지의 여러 관절과 협응을 이루는 병진 운동의 결과이다(Winter, Olney, Conrad & White, 1990). 따라서, 보행 시 전체 무게중심 이동의 안정성을 유지하기 위해서는 하지 관절뿐 만 아니라 상지와 하지의 연결성도 중요하다.

경추에서 시작하는 근육은 위로는 목을 지탱하고, 아래로는 흉추, 어깨, 몸통과 연결되어 있어, 목의 정렬이 잘못될 경우, 무게중심에 영향을 미칠 뿐만 아니라 신경계 기능 장애가 원인이 되어 보행에도 영향을 미칠 수 있다. 즉, 전방머리 자세(FHP; Forward Head Posture)는 경추의 감각제어 문제와 자율신경계 기능 장애로 이상 보행을 유발할 수 있다(Lee, 2016; Moustafa, Youssef, Ahbouch, Tamim & Harrison, 2020; Sather, 2016).

그러므로 경추의 정렬은 보행 시 무게중심 조절을 통해 균형을 잡는데 역학적, 신경학적으로 중요한 영향을 미치므로, 경추의 신경 자극이나 정렬 교정 및 안정화 운동을 통해 보행을 개선시킬 수 있을 것이다. Miura 등 (2018)은 DHS (Dropped Head Syndrome) 환자를 대상으로 한 사례 연구에서 경추 정렬 로봇 보조장치를 이용해 보행 운동을 시킨 결과 부분적으로 경추와 골반 정렬이 개선되었음을 확인하여 경추 정렬과 골반 정렬, 나아가 보행과의 연결성을 조심스럽게 논의하였다. Wannaprom, Treleaven, Jull & Uthaikhup (2018)은 진동을 이용한 경추 신경의 자극만으로 목 통증이 있는 환자의 균형과 보행을 향상시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 경추 신전이나 견인 상태에서의 안정화 운동이 경추의 정렬에 긍정적인 영향을 미쳤다(Wickstrom, Oakley & Harrison, 2017; Han, Lee, Hyun & Yang, 2019; Miles, Paul & Deed, 2018; Moustafa, Diab, Taha & Harrison, 2016).

그러나 경추의 정렬이 실제로 보행에 미치는 영향에 관한 연구는 미진한 편이다. 경추 정렬과 자세 정렬, 나아가 보행개선과의 관계를 구명한다면 운동치료에 중요한 자료가 될 것이다.

족저압을 통한 보행패턴 분석에는 일반인을 대상으로 한 연구뿐 만 아니라(Bryant, Tinley & Singer, 2000; Buldt et al., 2018; Hayafune, Hayafune & Jacob, 1999; Lee et al., 2011; Pascope, Pascoe, Wang, Shim & Kim, 1997; Putti, Arnald, Cochrane & Abboud, 2008), 임상에서도 압력중심이동곡선을 통한 자세균형 능력을 측정하였고(Ferrario, Sforza, Schmitz & Taroni, 1996; Hong, Park, Lee & Lee, 1998; Resch, Apelqvist, Stenstrom & Astrom, 1997), 족저압 분포가 보행 및 자세균형 능력 측정에 신뢰 높고 타당한 유의성이 입증되었다(Cavanagh et al., 1997; Kim, Park & Bae, 2000; Rosenbaum & Becker, 1997; Tanaka, Takeda, Izumi, Ino & Ifukube, 1999). 발은 인체의 좌우, 전후 균형과 보행 상태를 측정하고 반영하는 중요한 지표이기 때문이다(Melvin & Jahss, 1991). 편평족이나 요족과 같은 발의 형태에 따라서도 보행패턴에 뚜렷한 차이가 있다(Bryant et al., 2000; Buldt et al., 2018; Hayafune et al., 1999).

컴퓨터 작업을 하루 6시간 이상 하는 사람들은 가벼운 목 통증을 느끼거나 통증이 없더라도 머리가 전방으로 이동함에 따라 무게중심(COG)도 전방으로 이동한다(Daffin et al., 2019; Kang et al., 2012). 머리 무게의 전방 이동에 따른 무게중심(COG)의 이동은 발의 족저압력에도 영향을 미친다(Ferrario et al., 1996; Tanaka et al., 1999). 굴곡된 경추의 신전과 견인 자극이 경추 정렬을 개선시키고, 경추 교정이 보행감각에 영향을 주는 고유수용감각을 자극하여 보행 자세를 제어한다는 연구(Daffin et al., 2019; Sather, 2016; Seong et al., 2017)에도 불구하고, 아직까지 경추의 견인(traction)이 신경학적, 근육학적 자극에 따라 발의 족저압력에 영향을 미치는지에 대한 연구는 미비하다. 본 연구의 목적은 경추 견인기 부착 여부에 따른 발 형태별 보행 시 족저압에 미치는 영향을 구명하는 것이다.

METHODS

1. 실험 대상자

경추의 견인 여부와 발 형태에 따른 보행 시 족저압력의 차이를 보기 위해, 컴퓨터를 하루 6시간 이상 하는 성인 여성을 실험대상으로 선정하였다. 실험대상자는 총 12명의 20~30대(33.5±5) 여성 중 최근 6개월 이내 근골격계와 신경계 관련 수

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Group (N)	Age (yr)	Height (cm)	Body mass (kg)	Foot size (mm)
Planus (9)	36.89±3.22	165.89±4.83	57.56±7.97	240.0±14.14
Normal (7)	30.29±6.42	161.29±3.69	58.72±4.61	238.57±6.27
Cavus (8)	32.75±4.17	160.0±7.67	51.25±7.19	240.0±9.26
Total (24)	33.29±4.47	162.58±5.44	55.79±6.73	239.58±10.22

술이나 1개월 이상의 시술 경험은 없으나, 장시간 컴퓨터로 인한 목의 피로감과 통증 느끼는 사람이다.

모든 대상자들은 본 연구의 목적 및 절차에 대해 충분한 설명을 들었고, 자발적 동의를 얻은 후 실험을 실시하였다. 연구 대상자들의 신체조건은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험설계

12명의 피험자(33.29±4.47세)를 발 유형별(foot type)로 오른발, 왼발을 분리하여 발 형태에 따라 세 그룹으로 나누었다. 경추 견인기 착용 유무에 따라 처치 전 보행(Pre)과 처치 후 보행(Post) 실험을 진행한 후 총 24개의 데이터를 안정 시 종골기립각도(Resting Calcaneal Stance Position)에 따라 편평족(Pes Planus), 정상족(normal foot), 요족(Pes Cavus)으로 구분하였다(Buldt et al., 2018; Cho, Park & Nam, 2019; Hillstrom et al., 2013; Kang, 2011; Shultz et al., 2017) 독립변수는 발 형태와 경추 견인기(neck tractor)의 착용 유무이고, 종속변수는 족저압 분포도이다. 족저압 분포의 분석항목은 접촉면적(conctact area; CA), 최대힘(maximum force; MF), 최대압력(peak pressure; PP) 및 접촉시간(contact time; CT)이다.

3. 측정도구

족저압을 측정하기 위해 압력측정기(Emed®-AT, Novel사, 독일)를 사용하였고, 경추 견인을 위해 경추 견인기(NeckST, 한국)를 사용하였다. 안정 시 종골기립각도에 따른 발 유형을 분류하기 위해 고니오미터(goniometer)를 사용하였다.

4. 측정방법

1) 발 유형별 종골기립각도

발 유형별 그룹 분류를 위해 피험자별 오른발과 왼발 각각의 안정 시 종골기립각도를 측정하였다 종골기립각도(RCSP)는 중립 자세에서 종골(calcaneous)의 이등분선이 지면과 이루는 각도로, 내측 편향 시 (–) 값, 외측 편향 시 (+) 값으로 구분한다(Kim & Yi, 2015; Root, Orien, Weed & Hughes, 1971).

안정 시 종골기립각도에 따라 편평족(Pes Planus; -3°~4°), 정상족(normal foot; ±2°), 요족(Pes Cavus; +3°~+4°)으로(Kim & Yi, 2015) 구분하였다. 안정 시 종골기립각도는 (Figure 1)과 같이 절차에 따라 측정하였다. 측정 절차는 피험자를 엎드린 자세에서, 종골의 상, 중, 하 부위별 내외측 이등분 점을 표시하여 연결한 이등분선(calcaneous bisection)을 그린 후, 피험자가 편하게 선 자세에서 종골의 이등분선이 지면의 수직선과 이루는 각도를 측정하였다(Kim & Yi, 2015; Valmassy, 1996).

Figure 1. RCSP measurement

2) 경추견인기 착용

경추 견인기는 시선이 바닥을 내려다보지 않고, 정면을 바라본 상태에서 경추의 굴곡을 확인한 후(Kang et al., 2012) 견인기에 공기를 주입하여 착용하였다. 경추 견인기의 펌프를 눌러 공기를 주입하는 동안 피험자가 불편하지 않고, 목이 편하게 견인되었다는 느낌을 받는 수준까지 공기를 주입하였다(Figure 2).

Figure 2. Neck-traction device

Figure 3. Walking wearing a neck-tractor (Emed® measurement)

3) 족저압 측정

족저압력은 신발에 따른 영향을 배제하기 위해 맨발로 걷기를 진행하였다. 보행 연습은 정면을 멀리 바라본 상태에서 발이 센서에 닿을 때 최대한 발을 의식하지 않고 자연스러워질 때까지 하였다. 피험자간에는 개인마다 일상적인 걷기와 동일한 속도를 메트로놈으로 설정하여 피험자 내 측정의 신뢰도를 높였다. 이는 피험자간 속도를 통제하면서 가져올 수 있는 오염 효과를 제거하고, 편안하게 걷도록 유도한 것이다(Owings et al., 2009). 피험자별 경추 견인기 착용 전과 착용 후 걷기 시 동일한 속도로 걷도록 하였다. 피험자 별로 오른발과 왼발 각각 10회씩 실시하여 실험자와 피험자가 만족한 5회의 자료를 데이터로 사용하였다(Figure 3).

5. 데이터 처리

경추 견인 여부와 발 형태에 따른 접촉면적(CA), 최대힘(MF), 최대압력(PP) 및 접촉시간(CT)을 수집하였다. 데이터는 체중(BW) 차이에 따른 족저압의 차이를 표준화한 체중 대비 변환값(%BW)를 사용하였다(Hayafune et al., 1999). Bryant 등 (2000)과 Hayafune 등 (1999)은 족저압을 확인하기 위해 발가락을 big toe, 2nd toe, 그리고 toe3-5로 세 개로 나눠, 발 전체를 총 10개의 마스크로 구분하여 toe3-5번의 차이를 확인하기 어렵다는 제한점이 있었다. 본 연구에서는 발 형태에 따른 족저압의 차이를 보기 위해 (Figure 4)와 같이 발가락 5개(big toe, 2nd, 3rd, 4th, 5th), 중족골 5개(Metatarsal 1, 2, 3, 4, 5)와 중족부(midfoot) 및 후족부(hindfoot)의 총 12부위로 나누었다(M01~M12) (Figure 4).

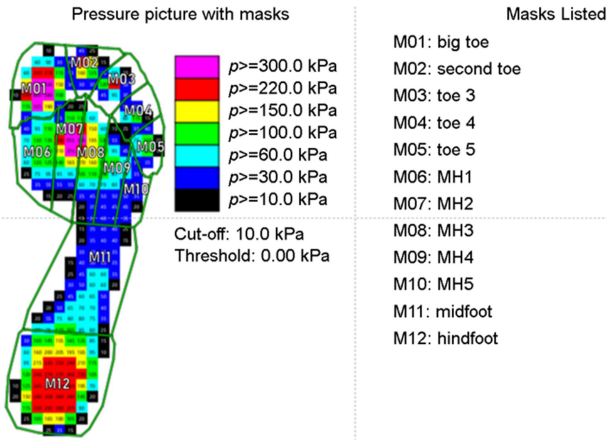

Figure 4. EMED Data collection - 12 masks (M01~12)

6. 통계처리

통계분석을 위해 IBM SPSS 20.0 버전을 사용하였다. 기술통계를 통하여 발 바닥의 12부위별 접촉면적(CA), 최대힘(MF), 최대압력(PP), 접촉시간(CT)의 평균(Mean)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 경추 견인기 착용 여부와 발 형태별 족저압력 변인들의 차이를 보기 위해 다변량분석을 실시하였고, 사후 검정으

Table 2. Results_Contact Area (CA) (unit: cm^2)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
CA_Total	Pre	128.56±9.05	132.64±12.36	126.81±11.26	3.084	.056	
	Post	125.17±7.95	133.43±9.03	121.38±10.44			
	Diff (Post-Pre)	-3.39	0.79	-5.44			
	p	0.0002***	0.64	0.043*			
CA_M01	Pre	12.56±1.18	12.14±0.63	12.38±0.83	.045	.956	
	Post	12.39±1.32	12.57±1.24	12.44±1.08			
	Diff (Post-Pre)	-0.17	0.43	0.06			
	p	0.74	0.36	0.88			
CA_M02	Pre	4.89±0.82	5.64±1.07	5.50±1.39	1.482	.239	
	Post	4.89±0.99	5.43±1.13	4.88±0.88			
	Diff (Post-Pre)	0.00	-0.21	-0.63			
	p	1.00	0.60	0.09			
CA_M03	Pre	3.06±1.07	3.71±1.22	4.44±0.50	4.135	0.023*	A-B, A-C
	Post	3.06±1.38	4.07±0.93	3.69±1.19			
	Diff (Post-Pre)	0.00	0.36	-0.75			
	p	1.00	0.28	0.06			
CA_M04	Pre	2.44±1.65	3.29±0.86	3.25±1.49	1.674	.200	
	Post	2.44±1.33	3.50±0.87	2.50±2.02			
	Diff (Post-Pre)	0.00	0.21	-0.75			
	p	1.00	0.45	0.06			
CA_M05	Pre	1.17±1.41	1.57±1.54	1.31±1.77	.460	.635	
	Post	1.28±1.52	1.57±1.24	0.81±1.28			
	Diff (Post-Pre)	0.11	0.00	-0.50			
	p	0.68	1.00	0.10			
CA_M06	Pre	12.11±1.17	12.00±1.61	12.56±1.55	1.926	.158	
	Post	11.11±1.08	12.07±1.43	12.50±1.39			
	Diff (Post-Pre)	-1.00	0.07	-0.06			
	p	0.06	0.87	0.83			
CA_M07	Pre	9.11±0.78	9.07±1.17	10.44±1.45	5.429	0.008**	A-C
	Post	9.11±0.99	9.64±1.07	10.25±1.28			
	Diff (Post-Pre)	0.00	0.57	-0.19			
	p	1.00	0.17	0.65			
CA_M08	Pre	10.39±1.52	11.14±1.73	10.63±1.25	.815	.450	
	Post	10.78±1.23	11.14±1.63	10.44±1.35			

Table 2. Results_Contact Area (CA) (Continued) (unit: cm^2)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
CA_M08	Diff (Post-Pre)	0.39	0.00	-0.19			
	p	0.09	1.00	0.48			
CA_M09	Pre	8.72±1.06	9.14±1.03	9.14±1.03	.471	.628	
	Post	8.61±1.17	8.86±0.90	8.86±0.90			
	Diff (Post-Pre)	-0.11	-0.29	-0.13			
	p	0.66	0.28	0.52			
CA_M10	Pre	5.83±1.22	6.64±1.11	6.31±1.22	1.423	.252	
	Post	5.33±1.06	5.43±0.98	6.06±0.86			
	Diff (Post-Pre)	-0.50	-1.21	-0.25			
	p	0.12	0.035*	0.50			
CA_M11	Pre	25.78±3.78	26.57±5.04	20.19±6.70	9.141	0.001***	A-C, B-C
	Post	24.83±3.70	27.50±4.96	18.00±7.62			
	Diff (Post-Pre)	-0.94	0.93	-2.19			
	p	0.11	0.25	0.13			
CA_M12	Pre	32.28±2.92	31.57±2.21	30.88±2.85	.788	.461	
	Post	31.33±2.90	31.50±1.66	30.63±1.96			
	Diff (Post-Pre)	-0.94	-0.07	-0.25			
	p	0.047*	0.88	0.63			

CA: Contact Area, M01: big toe, M02: 2nd toe, M03: 3rd toe, M04: 4th toe, M05: 5th toe, M06: 1st metatarsal, M07: 2nd metatarsal, M08: 3rd metatarsal, M09: 4th metatarsal, M10: 5th metatarsal, M11: midfoot, M12: hindfoot
Pre: general walking/ Post: walking with neck-tractor, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 3. Results_Maximum Force (MF) (unit: %BW)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
MF_Total	Pre	115.04±10.05	127.82±7.98	122.99±16.74	6.192	0.004**	A-B
	Post	113.35±7.28	127.50±9.37	121.88±11.58			
	Diff (Post-Pre)	-1.69	-0.32	-1.11			
	p	0.36	0.81	0.66			
MF_M01	Pre	31.17±8.50	24.21±7.08	22.98±9.43	2.842	.070	
	Post	30.28±11.43	29.96±7.34	23.35±10.03			
	Diff (Post-Pre)	-0.88	5.76	0.37			
	p	0.71	0.01**	0.70			
MF_M02	Pre	5.25±2.58	6.22±1.73	6.45±3.11	1.526	.229	

Table 3. Results_Maximum Force (MF) (Continued) (unit: %BW)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
MF_M02	Post	5.55±2.69	7.55±2.39	4.81±2.17			
	Diff (Post-Pre)	0.30	1.33	-1.64			
	p	0.65	0.029*	0.004**			
MF_M03	Pre	2.76±2.19	2.41±1.62	4.01±2.68	.629	.538	
	Post	2.57±1.93	3.25±1.14	2.82±2.07			
	Diff (Post-Pre)	-0.19	0.84	-1.19			
	p	0.65	0.07	0.02*			
MF_M04	Pre	1.52±1.32	2.06±1.12	2.45±2.88	1.054	.358	
	Post	1.44±1.13	2.64±1.33	1.90±2.30			
	Diff (Post-Pre)	-0.08	0.58	-0.54			
	p	0.76	0.20	0.08			
MF_M05	Pre	0.84±1.35	0.75±0.98	0.86±1.40	.055	.947	
	Post	0.78±1.23	0.64±0.59	0.54±0.95			
	Diff (Post-Pre)	-0.06	-0.11	-0.32			
	p	0.68	0.70	0.13			
MF_M06	Pre	18.57±6.56	20.71±8.83	25.47±13.19	3.934	0.027*	A-C
	Post	16.03±4.51	24.01±9.44	26.16±9.35			
	Diff (Post-Pre)	-2.53	3.30	0.69			
	p	0.19	0.49	0.77			
MF_M07	Pre	22.07±4.33	26.68±4.38	28.94±9.86	4.456	0.018*	A-C
	Post	23.80±4.47	27.33±3.48	29.88±8.81			
	Diff (Post-Pre)	1.74	0.65	0.94			
	p	0.08	0.71	0.63			
MF_M08	Pre	23.84±7.51	29.86±4.47	23.16±5.71	2.369	.106	
	Post	24.21±8.58	25.48±3.31	22.62±5.07			
	Diff (Post-Pre)	0.37	-4.38	-0.54			
	p	0.81	0.007**	0.69			
MF_M09	Pre	12.98±4.67	17.22±3.19	14.26±3.07	2.036	.143	
	Post	12.84±4.63	14.12±4.44	13.28±2.45			
	Diff (Post-Pre)	-0.14	-3.10	-0.98			
	p	0.90	0.11	0.37			
MF_M10	Pre	5.06±2.37	8.27±3.06	9.72±4.46	6.210	0.004**	A-C
	Post	4.99±2.49	6.17±2.63	8.01±3.71			
	Diff (Post-Pre)	-0.07	-2.10	-1.71			

Table 3. Results_Maximum Force (MF) (Continued) (unit: %BW)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
MF_M10	*p*	0.93	0.12	0.23			
MF_M11	Pre	18.32±5.66	24.57±9.21	13.21±4.74	12.907	0.001***	A-B, A-C B-C
	Post	18.91±5.02	24.60±9.02	11.23±6.00			
	Diff (Post-Pre)	0.59	0.03	-1.98			
	p	0.77	0.99	0.29			
MF_M12	Pre	74.68±11.78	77.18±12.85	89.10±29.98	3.800	0.030*	A-C
	Post	68.24±6.21	79.82±7.40	82.61±9.85			
	Diff (Post-Pre)	-6.45	2.64	-6.48			
	p	0.10	0.45	0.42			

MF: Maximum Force, M01: big toe, M02: 2nd toe, M03: 3rd toe, M04: 4th toe, M05: 5th toe, M06: 1st metatarsal, M07: 2nd metatarsal, M08: 3rd metatarsal, M09: 4th metatarsal, M10: 5th metatarsal, M11: midfoot, M12: hindfoot
Normalized by body weight (%BW), Pre: general walking/ Post: walking with neck-tractor, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 4. Results_Peak Pressure (PP) (unit: kPa)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
PP_Total	Pre	622.22±199.78	566.43±164.71	556.25±279.44	1.775	.182	
	Post	628.89±204.14	507.86±75.32	458.13±138.15			
	Diff (Post-Pre)	6.67	-58.57	-98.13			
	p	0.92	0.39	0.24			
PP_M01	Pre	587.22±246.30	415.71±125.81	308.13±113.36	9.518	0.001***	A-B, A-C
	Post	557.78±222.25	441.43±82.70	327.50±130.11			
	Diff (Post-Pre)	-29.44	25.71	19.38			
	p	0.72	0.63	0.53			
PP_M02	Pre	150.00±100.41	191.43±62.50	148.75±67.76	3.877	0.03*	A-B, B-C
	Post	145.56±69.89	207.14±52.67	112.50±41.83			
	Diff (Post-Pre)	-4.44	15.71	-36.25			
	p	0.83	0.49	0.041*			
PP_M03	Pre	95.00±90.62	73.57±32.11	95.63±50.32	.061	.941	
	Post	86.67±78.26	94.29±21.68	74.38±49.89			
	Diff (Post-Pre)	-8.33	20.71	-21.25			
	p	0.23	0.06	0.002**			
PP_M04	Pre	58.89±51.59	67.14±27.36	72.50±76.63	.613	.546	

Table 4. Results_Peak Pressure (PP) (Continued) (unit: kPa)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
PP_M04	Post	49.44±34.95	81.43±27.80	54.38±63.16			
	Diff (Post-Pre)	-9.44	14.29	-18.13			
	p	0.37	0.13	0.037*			
PP_M05	Pre	33.89±52.19	31.43±34.85	26.88±38.72	.261	.771	
	Post	31.11±40.53	27.86±21.38	19.38±30.05			
	Diff (Post-Pre)	-2.78	-3.57	-7.50			
	p	0.68	0.77	0.16			
PP_M06	Pre	222.78±73.74	347.14±305.58	231.88±104.37	3.054	.058	
	Post	183.89±51.10	314.29±178.13	229.38±81.65			
	Diff (Post-Pre)	-38.89	-32.86	-2.50			
	p	0.10	0.77	0.85			
PP_M07	Pre	375.00±124.67	443.57±91.64	382.50±133.74	.409	.667	
	Post	467.22±256.31	425.00±106.54	388.13±132.91			
	Diff (Post-Pre)	92.22	-18.57	5.62			
	p	0.13	0.47	0.87			
PP_M08	Pre	337.78±122.48	395.00±41.63	281.25±121.68	2.370	.106	
	Post	327.22±117.16	336.43±48.28	291.25±98.84			
	Diff (Post-Pre)	-10.56	-58.57	10.00			
	p	0.79	0.024*	0.68			
PP_M09	Pre	196.67±105.33	233.57±35.08	198.75±68.13	.259	.773	
	Post	190.56±85.93	182.86±54.69	181.25±49.04			
	Diff (Post-Pre)	-6.11	-50.71	-17.50			
	p	0.73	0.008**	0.26			
PP_M10	Pre	118.33±88.00	196.43±91.32	208.13±147.86	2.503	.094	
	Post	110.56±57.63	130.71±60.58	175.00±132.45			
	Diff (Post-Pre)	-7.78	-65.71	-33.13			
	p	0.78	0.06	0.35			
PP_M11	Pre	131.67±27.73	126.43±50.80	97.50±18.52	3.907	0.028*	A-B, B-C
	Post	126.67±43.16	120.00±42.33	95.00±25.35			
	Diff (Post-Pre)	-5.00	-6.43	-2.50			
	p	0.70	0.68	0.78			
PP_M12	Pre	358.89±76.07	382.14±87.03	481.88±318.05	2.451	.098	
	Post	288.89±32.19	355.00±62.32	401.25±161.75			
	Diff (Post-Pre)	-70.00	-27.14	-80.62			

Table 4. Results_Peak Pressure (PP) (Continued) (unit: kPa)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
PP_M12	*p*	0.017*	0.42	0.34			

PP: Peak Pressure, M01: big toe, M02: 2nd toe, M03: 3rd toe, M04: 4th toe, M05: 5th toe, M06: 1st metatarsal, M07: 2nd metatarsal, M08: 3rd metatarsal, M09: 4th metatarsal, M10: 5th metatarsal, M11: midfoot, M12: hindfoot
Pre: general walking/ Post: walking with neck-tractor, *p<.05, **p <.01, ***p <.001

Table 5. Results_Contact Time (CT) (unit: %)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
CT(%)_M01	Pre	75.23±9.76	73.14±7.76	76.74±9.17	.420	.660	
	Post	76.87±6.50	73.22±13.38	74.20±7.29			
	Diff (Post-Pre)	1.64	0.08	-2.54			
	p	0.63	0.99	0.46			
CT(%)_M02	Pre	54.49±9.33	49.62±6.93	62.93±11.98	2.757	.075	
	Post	61.57±7.10	52.94±10.39	56.57±14.49			
	Diff (Post-Pre)	7.08	3.32	-6.35			
	p	0.12	0.28	0.07			
CT(%)_M03	Pre	52.15±13.19	44.38±14.52	63.66±15.45	1.086	.347	
	Post	53.26±15.00	54.20±16.04	52.22±22.17			
	Diff (Post-Pre)	1.11	9.81	-11.43			
	p	0.77	0.06	0.07			
CT(%)_M04	Pre	41.31±27.67	41.43±20.17	50.17±27.58	.049	.953	
	Post	47.02±30.31	48.26±20.63	33.77±30.37			
	Diff (Post-Pre)	5.71	6.83	-16.41			
	p	0.23	0.40	0.09			
CT(%)_M05	Pre	18.73±27.16	15.07±9.60	24.08±32.09	.042	.959	
	Post	20.35±27.05	20.56±20.99	16.88±27.37			
	Diff (Post-Pre)	1.62	5.49	-7.20			
	p	0.50	0.43	0.21			
CT(%)_M06	Pre	79.43±3.29	79.45±3.36	79.00±3.09	.000	1.000	
	Post	78.19±5.22	78.22±3.41	78.65±3.60			
	Diff (Post-Pre)	-1.24	-1.24	-0.36			
	p	0.58	0.48	0.85			
CT(%)_M07	Pre	81.11±1.61	81.93±3.02	82.28±4.03	.389	.680	
	Post	82.15±2.76	80.37±3.31	81.99±3.29			

Table 5. Results_Contact Time (CT) (Continued) (unit: %)

		A. Planus (9)	B. Normal (7)	C. Cavus (8)	*F*	*p*	*post-hoc*
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
CT(%)_M07	Diff (Post-Pre)	1.04	-1.56	-0.29			
	p	0.36	0.37	0.86			
CT(%)_M08	Pre	82.80±2.22	84.07±3.82	82.94±3.02	.053	.948	
	Post	83.85±2.46	81.95±2.11	83.47±2.57			
	Diff (Post-Pre)	1.04	-2.13	0.53			
	p	0.46	0.28	0.54			
CT(%)_M09	Pre	81.15±2.72	82.05±4.73	80.63±7.39	.156	.856	
	Post	80.80±5.32	80.80±2.79	80.16±5.77			
	Diff (Post-Pre)	-0.34	-1.26	-0.47			
	p	0.83	0.42	0.77			
CT(%)_M10	Pre	76.32±4.36	78.20±5.39	77.05±4.32	.037	.963	
	Post	73.35±6.61	71.47±5.91	73.60±7.63			
	Diff (Post-Pre)	-2.97	-6.73	-3.45			
	p	0.28	0.000***	0.25			
CT(%)_M11	Pre	60.20±8.96	63.41±7.61	55.43±12.39	1.029	.366	
	Post	59.35±9.25	59.30±7.82	57.10±12.72			
	Diff (Post-Pre)	-0.85	-4.11	1.68			
	p	0.66	0.15	0.40			
CT(%)_M12	Pre	57.54±8.52	56.85±6.84	53.15±7.22	.181	.835	
	Post	55.47±7.12	53.52±9.66	57.03±6.27			
	Diff (Post-Pre)	-2.07	-3.33	3.88			
	p	0.35	0.36	0.025*			

CT: Contact Time, M01: big toe, M02: 2nd toe, M03: 3rd toe, M04: 4th toe, M05: 5th toe, M06: 1st metatarsal, M07: 2nd metatarsal, M08: 3rd metatarsal, M09: 4th metatarsal, M10: 5th metatarsal, M11: midfoot, M12: hindfoot
Pre: general walking/ Post: walking with neck-tractor, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

로 Scheffe를 실시하였다. 그룹 내 견인기 착용 여부의 차이를 보기 위해 대응표본 *t*-검정을 실시하였다. 유의수준은 p<.05로 설정하였다.

RESULTS

1. 발 바닥 부위별 접촉면적(CA)

경추 견인기를 착용하지 않았을 때, 발 바닥 부위별 접촉면적은 요족이 세 번째 발가락(M03: F=4.135, p=.023*)과 두 번째 중족골(M07: F=5.429, p=.008**)에서 유의하게 높았다. 반면 정상족은 다섯 번째 발가락(M05: F=.460, p=.635)과 중족부(M11: F=9.141, p=.001***)에서 유의하게 높았다. 경추 견인기 착용 후, 편평족(p=.0002***)과 요족(p=.043*)은 전체 접촉면적(CA total)이 유의하게 감소하였다. 편평족은 후족부(M12: p=.047*)에서의 접촉면적이 유의하게 감소하였다(Table 2).

2. 발 바닥 부위별 최대힘(MF)

경추 견인기를 착용하지 않았을 때, 발 바닥 부위별 최대힘

은 편평족이 전체 최대힘(F=6.192, p=.004**)에서 가장 낮았다. 편평족은 첫 번째 중족골(M06: F=3.934, p=.027*)과 두 번째 중족골(M07: F=4.456, p=.018*) 및 다섯 번째 중족골(M10: F=6.210, p=.004*)에서의 최대힘이 유의하게 낮았고, 요족은 중족부(M11: F=12.907, p=.001***)와 후족부(M12: F=3.8, p=.03*)에서 유의하게 높았다. 경추 견인기 착용 후, 정상족은 엄지발가락(M01: p=.01**)과 두 번째 발가락(M02: p=.029*)에서 유의하게 증가하였고, 세 번째 중족골(M08: p=.007**)은 유의하게 감소하였다. 반면, 요족은 두 번째 발가락(M02: p=.004**)과 세 번째 발가락(M03: p=.02*)에서 유의하게 감소하였다(Table 3).

3. 발 바닥 부위별 최대압력(PP)

경추 견인기를 착용하지 않았을 때, 편평족은 엄지발가락(M01: F=9.518, p=.001***)에서 유의하게 높았고, 요족은 두 번째 발가락(M02: F=3.877, p=.03*)과 중족부(M11: F=3.907, p=.028*)에서 유의하게 낮았다. 경추 견인기 착용 후, 최대압력은 요족의 경우 두 번째 발가락(M02: p=.041*)과 세 번째 발가락(M03: p=.002*), 그리고 네 번째 발가락(M04: p=.037*)에서 유의하게 감소하였다. 정상족은 세 번째 중족골(M08: p=.024*)과 네 번째 중족골(M09: p=.008**)에서 유의하게 감소하였다. 편평족은 후족부(M12: p=.017*)에서 유의하게 감소하였다(p=0.017*) (Table 4).

4. 발 바닥 부위별 접촉시간(CT)

경추 견인기를 착용하지 않았을 때, 요족은 유의하지는 않았으나 모든 발가락에서의 접촉시간이 다른 발 유형의 접촉시간보다 길었고, 중족부(M11: F=1.029, p=.366)와 후족부(M12: F=.181, p=.835)에서의 접촉시간은 가장 짧았다. 경추 견인기 착용 후, 정상족은 다섯 번째 중족골(M10)에서 유의한 감소(p=.00***)를 보였으나, 요족은 후족부(M12)에서의 접촉시간이 유의하게 증가하였다(p=.025*) (Table 5).

DISCUSSION

발 형태별 경추 견인기 착용 여부에 따른 족저압의 차이를 보기 위해 경추 견인기 착용 전과 후의 보행 시 족저압의 차이를 비교 분석하였다.

이러한 결과는 편평족(Pes Planus), 정상족(normal foot), 요족(Pes Cavus) 간의 평상 시 보행의 차이를 고려하고, 경추 견인이 각기 다른 발 형태에 어떤 영향을 미치는지 세부적인 영향 범위를 찾을 수 있었다.

편평족은 경추 견인기를 착용하지 않았을 때, 발꿈치(M12)의 접촉면적(CA)과 최대압력(PP)이 다른 발보다 유의하게 높았다(Shultz et al., 2017). 그러나 경추 견인기를 착용하니, 발꿈치와 발 전체의 접촉면적(CA)과 최대압력(PP)이 유의하게 감소하였다.

편평족의 이 같은 결과는 경추 견인 시 경추의 견인이 발꿈치와 발 전체의 접촉면적, 최대압력의 감소를 가져온 것으로 유추해 볼 수 있다. 중족부의 접촉면적(CA)도 유의하지는 않았으나 경추 견인기 착용 후 감소하여, 중족부에서의 압력에도 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다. 후족부(Hindfoot)의 접촉면적, 발 전체의 접촉면적, 최대압력의 유의한 감소의 원인은 인간이 경추의 치돌기(dens)를 축으로 매달려 걷고 있는 것이므로(Bricot, 1996; Sather, 2016) 경추의 견인이 자세 정렬을 유도하고, 이것이 발 바닥 압력에 영향을 미쳤을 것으로 유추해 볼 수 있다. 이외의 다른 이유로 족궁의 높이 및 탄성 회복 등을 유추해 볼 수 있으나 실제로 족궁의 높이 및 탄성 변화는 측정하지 않아 추후 과제로 한다.

정상족은 경추 견인 시 엄지발가락과 두 번째 발가락의 최대힘(MF)이 유의하게 증가되고, 3, 4번째 중족골(M08, 09)의 최대압력(PP)이 유의하게 감소하였다. 또한, 다섯째 중족골(5TH metatarsal)의 접촉시간(CT)이 유의하게 감소하였다. 정상족의 이와 같은 결과는 경추 견인 처치 이후 보행 시 내측 중족골(medial metatarsals)에 힘이 더 집중된 것이므로 발꿈치 들기와 앞꿈치로 밀어내기의 보행의 3, 4의 추진단계(push-off)가 더 강화되었음을 알 수 있다. Hayafune 등 (1999)과 Schwartz, Heath, Morgan & Towns 등 (1964)은 보행 시 전족부(forefoot)의 추진단계에서의 엄지발가락의 기능과, 1, 2, 3번째 중족골에 의해 힘이 분담된다는 것을 강조하였다. 정상적인 보행 시 추진단계에 내측 중족골에 힘이 집중된다(Hayafune et al., 1999). 경추 견인기 착용 시 보행 추진단계(push-off)의 엄지와 두 번째 발가락의 최대힘 증가와 내측 중족골의 압력, 면적 및 시간의 유의한 감소는 보행 시 추진단계가 더 효과적으로 진행되었음을 의미한다. 이는 보행의 추진단계 중에서도 발가락 밀기(toe-push) 기능이 더 강화되었다는 것을 추론할 수 있다.

요족은 경추 견인기 사용 전 보행 시 다른 발 유형 보다 전체 접촉면적(CA)이 좁고 3, 4번 발가락의 압력이 높은 것으로 확인되었다. Fernández-Seguín 등 (2014)은 요족(Pes Cavus)은 높은 족궁(arch)으로 인해 정상족보다 체중부하 면적이 작고, 5번째 중족골을 제외한 나머지 전족부 영역에서 정상족보다 압력이 높은 경향이 있으며, 엄지발가락 아래의 하중이 감소한다고 하였다. 본 연구의 요족 보행도 Fernández-Seguín 등 (2014)의 연구와 유사한 패턴을 보였다. 정상족에 비해 엄지발가락과 두 번째 발가락이 압력이 낮고, 3, 4, 5번 발가락의 압력은 상대적으로 높았다. 요족에서의 경추 견인기를 착용한 보행실험 결과, 2, 3, 4번째 발가락의 최대압력이 유의하게 감소하고, 2, 3번째 중족골(2nd, 3rd metatarsals)의 최대압력은 증가하였다. 즉, 추진단계에서 발가락을 과도하게 사용하던 요족 보

행이 경추 견인 후 중족골(metatarsals)에서 발가락까지 압력이 고루 전달되어 정상적 보행에 더 가까워진 것을 확인하였다. 특히, 3번째 발가락의 접촉면적(CA)과 최대압력(PP)이 다른 발 유형의 결과보다 높았으나, 경추 견인 후 접촉면적(CA), 최대힘(MF), 최대압력(PP) 항목에서 유의하게 감소하였다. 발꿈치 닿기 단계(heel-contact)에서는 요족의 발꿈치에서의 접촉시간이 짧고 최대압력이 높았으나, 경추 견인기 착용 후 발꿈치의 접촉시간이 유의하게 증가하였다. 요족의 발꿈치 최대압력 또한 유의하지는 않았으나 급격히 감소하였다. 이와 같은 결과는 전체적으로 높은 아치를 형성하고 발가락 위주로 추진하는 요족의 보행패턴에서 경추 견인기를 착용한 보행 시, 발꿈치 닿기 시 최대압력이 감소하고, 추진단계에서 전족부의 압력이 고루 분산되었다고 볼 수 있다. 그러나, 요족의 전체접촉면적이 좁은 특징에도 불구하고, 경추 견인기 착용 시 접촉면적이 더 감소한 것은, 목 견인으로 인한 척추의 견인이 요족의 강직성을 완화하는 것까지 도움이 되지 않아, 요족 보행을 교정하기 위해서는 발 근육 및 관절의 유연성(Hillstrom et al., 2013)을 위한 운동이 필요함을 알 수 있다.

경추 견인기를 착용하고 걸을 때, 발 형태와 무관하게 공통적으로 후족부(hindfoot), 중족부(midfoot)와 중족골(metatarsals)에서의 압력과 접촉면적 및 접촉시간이 감소하였다. 이는 경추 견인이 전체적인 척추 정렬이 이루어지고, 복부와 엉덩이의 긴장을 유지하게 되어 발꿈치 닿기 단계에서 체중수용이 원만하게 진행되고 반대발의 발가락 밀기(toe-push) 단계에서의 추진 힘이 향상되는 효과가 나타나는 것으로 보이나(Sather, 2016), 지면반력, 영상분석과 종합적으로 확인할 필요가 있어 추후 과제로 남긴다.

Winter (1989)는 동작을 제어하는 중추 신경(CNS)은 보행 시 이루어지는 과제 중 균형조절 과제에서 머리, 팔, 몸통(H.A.T.)의 전/후방 흔들림을 하지의 전/후방 근육이 조절하면서 균형과 지지를 모두 제어하게 된다고 하였다. 따라서, 달라진 목의 정렬은 하지의 균형 제어패턴에 영향을 미치게 된다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 경추의 견인이 머리, 팔, 몸통(H.A.T.)에 영향을 미치고, 이에 따른 하지의 보상패턴의 변화에까지 영향을 미쳤을 것으로 본다. 경추 견인기를 착용할 시 목의 정렬을 잡아주어 보행의 안정적인 디딤단계를 도와주는 것으로 확인되었다. 또한 경추 견인기의 착용이 경추 신경을 통해 고유수용감각을 자극하는 효과가 있는 것으로 본다. 이 같은 결과는 신체가 경추 정렬의 변화에 따라 균형조절 메커니즘을 변경하여 이러한 변화에 적응하려고 시도한다는 이론을 뒷받침한다(Daffin et al., 2019; Lee, 2016; Winter, 1995).

객관적 발 형태는 종골기립각도(Buldt et al., 2018; Cho et al., 2019; Hillstrom et al., 2013; Kang, 2011; Shultz et al., 2017)를 기준으로 세 그룹을 나눈 후, 발가락과 중족골을 세부적으로 나누어 분석한 것은 기존 연구와 차별화되는 점으로 평가된다. 하지만, 후족부의 종골기립각도만으로 발 형태별 특징과 처치 효과를 평가하기에는 전족부의 정렬 차이(Hillstrom et al., 2013)를 간과할 수 없다는 한계점이 있었다. 또한, 참가자별로 5회 이상의 반복 보행 데이터의 평균값을 사용하는 것으로 보완하였으나, 발 형태별로 표본수를 더 확장하여 추가 연구를 할 필요가 있다. 본 연구는 경추 견인기 착용만으로 보행 시 자세조절감각과 고유수용감각의 자극으로 인한 즉각적인 보행의 차이를 확인하였다. 장기적인 보행의 변화를 위해서는 경추 정렬 교정을 위한 안정화 운동을 일정 기간 실시한 후 지속 효과를 보는 연구가 추가되어야 할 것으로 생각된다. 또한, 경추의 견인이 보행패턴을 개선시킨다는 것을 재확인하기 위해서는 지면반력이나 영상분석 등을 이용해 본 연구와의 연계성을 확인하는 것이 필요하므로 이는 추후 연구 과제로 한다.

CONCLUSION

본 연구를 통해, 경추 견인기 착용하고 걸을 때 편평족에선 접촉면적이 줄어들고 발꿈치의 최대압력이 감소하여 체중수용이 더 효과적으로 진행되는 것으로 나타났다. 정상족은 경추 견인기를 착용하고 걸을 때 내측 전족부에서의 발꿈치 닿기의(heel-contact) 힘이 고루 분산되고 동시에 발가락 떼기(toe-push)에 엄지발가락의 기능이 향상되었다. 요족은 경추 견인기 착용하고 걸을 때 발꿈치 닿기의 시간이 길어지고, 내측 전족부로 힘이 고루 분산되는 것을 확인하였다.

경추 견인기를 착용한 보행에서 발의 최대압력이 완화되었고, 정상발과 요족은 보행 시 발꿈치 닿기와 발가락 떼기 단계가 부드럽고, 효과적으로 진행되는 효과를 볼 수 있었다. 따라서, 경추 견인기를 착용한 후 모든 그룹에서 발꿈치 닿기 시 최대압력이 감소하고, 고루 분산되어 체중부하가 효과적으로 진행되었다.

경추 견인기의 착용은 경추 신경을 통해 고유수용감각을 자극하는 효과가 있는 것으로 본다. 또한 경추 견인기가 목의 정렬을 바로잡아 줌으로써 더 안정적인 보행의 디딤단계를 만들어 주는 것으로 볼 수 있었다.

본 연구는 경추의 견인과 정렬이 보행 시 압력 분포에 미치는 영향을 구명한 것으로 자세 및 보행 교정을 위한 기초자료로 유용할 것이다.

REFERENCES

Bracco, P., Deregibus, A., Piscetta, R. & Ferrario, G. (1998). Observations on the correlation between posture and jaw position: A pilot study. *Journal of Craniomandibular Practice*, *16*(4), 252-258.

Bricot, B. (1996). *Total Postural reprograming*. 3rd edition. Santa

Monica: Dux Lucis Books.

Bryant, A., Tinley, P. & Singer, K. (2000), Radiographic measurements and plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *The Foot*, *10*, 18-22.

Buldt, A. K., Forghany, S., Landorf, K. B., Murley, G. S., Levinger, P. & Menz, H. B. (2018). Center of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. *Journal of Foot and Ankle Research*, *11*, 3.

Cavanagh, P. R., Morag, E., Boulton, A. J. M., Young, M. J., Deffner, K. T. & Pammer, S. E. (1997). The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *Journal of Biomechanics*, *30*(3), 243-250.

Cho, Y. G., Park, J. W. & Nam, K. Y. (2019). The relationship between foot posture index and resting calcaneal stance position in elementary school students. *Gait & Posture*, *74*, 142-147.

Daffin, L., Stuelcken, M. C. & Sayers, M. G. L. (2019). The effect of cervical spine subtypes on center of pressure parameters in a large asymptomatic young adult population. *Gait & Posture*, *67*, 112-116.

Fernández-Seguín, L. M., Mancha, J. A. D., Rodríguez, R. S., Martínez, E. E., Martín, B. G. & Ortega, J. R. (2014). Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavus foot. *Gait & Posture*, *39*(2), 789-792.

Ferrario, V. F., Sforza, C., Schmitz, J. H. & Taroni, A. (1996). Occlusion and center of foot pressure variation: Is there a relationship? *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *76*(3), 302-308.

Han, H. J., Lee, J. N., Hyun, K. H. & Yang, Y. S. (2019). The effects of cervical extension - traction exercise on cervical alignment, pain, and neck disability in patients with mild turtle syndrome. *The Journal of Korean Orthopedic Manual Physical Therapy*, *25*(2), 1-10.

Hayafune, N., Hayafune, Y. & Jacob, A.C. (1999), Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. *The Foot*, *9*, 88-92.

Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B. ... & Deland, J. T. (2013). Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture*, *37*(3), 445-451.

Hong, D, J., Park, S. B., Lee, S. G. & Lee, K. M. (1998). Analysis of the stance phase in a hemiplegic patient by the measurement of plantar pressure. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, *22*(5), 1123-1128.

Kabbaligere, R., Lee, B. C. & Layne, C. S. (2017). Balancing sensory inputs; Sensory reweighting of ankle proprioception and vision during a bipedal posture task. *Gait and Posture*, *52*, 244-250.

Kang, H. S. (2011). *Foot Deformity Measurement Validity: The Relationship between CSI, SAI, RCSP*. Master's Thesis. Graduate School of Ewha Womans University.

Kang, J. H., Park, R. Y., Lee, S. J., Kim, J. Y., Yoon, S. R. & Jung, K. I. (2012). The effect of the forward head posture on postural balance in long time computer based worker. *Annals of Rehabilitation Medicine*, *36*(1), 98-104.

Kim, C. Y., Kang, T. K., Kim, B. H. & Lee, S. Y. (2019). The effect of diminished plantar cutaneous sensation in Y-balance test between chronic ankle instability (CAI) patients versus healthy individuals. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *29*(1), 33-41.

Kim, K., Park, Y. H. & Bae, S. S. (2000). Intermachine validity and reliability of the F-mat and F-scan. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, *12*(2), 29-37.

Kim, N. H. & Yi, K. O. (2015). The effects of corrective hip joint exercises and foot orthotics on Q, ankle's range of motion, and core muscle strength for middle school students with pes planus. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *25*(4), 401-412.

Koo, S. H. & Oh, J. K. (2016). The effect of re-alignment program with proprioceptive control on balance and gait of stroke patients. *The Korean Journal of Physical Education*, *55*(1), 661-673.

Lee, J. H. (2016). Effects of forward head posture on static and dynamic balance control. *Journal of Physical Therapy Science*, *28*, 274-277.

Lee, K. D., Kim, D. W., Yoo, J. H., Kim, K. H., Lee, T. Y., Park, K. S. ... Park, S. B. (2011). Comparative analysis on gait patterns of the elderly and the young regarding to foot pressure. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *21*(1), 67-75.

Lin, Y. C., Gfoehler, M. & Pandy, M. G. (2014). Quantitative evaluation of the major determinants of human gait. *Journal of Biomechanics*, *47*, 1324-1331.

Melvin, H. & Jahss, M. D. (1991). *Disorders of the foot & ankle: Medical and surgical management*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders.

Miles, O., Paul, A. & Deed, E. (2018). Cervical extension traction as part of a multimodal rehabilitation program relieves whiplash-associated disorders in a patient having failed previous chiropractic treatment. *Journal of Physical Therapy Science*, *30*, 266-270.

Miura, K., Koda, M., Kadone, H., Kubota, S., Shimizu, Y., Kumagai, H. … & Yamazaki, M. (2018). Gait training using a hybrid assistive limb (HAL) attenuates head drop: A case report. *Journal of Clinical Neuroscience*, *52*, 141-144.

Moustafa, I. M., Diab, A. A., Taha, S. & Harrison, D. E. (2016). Addition of a sagittal cervical posture corrective orthotic device to a multimodal rehabilitation program improves short and long-term outcomes in patients with discogenic cervical radiculopathy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *97*, 2034-2044.

Moustafa, I. M., Youssef, A., Ahbouch, A., Tamim, M. & Harrison, D. E. (2020). Is forward head posture relevant to autonomic nervous system function and cervical sensorimotor control? Cross sectional study. *Gait & Posture*, *77*, 29-35.

Nigg, B. M. (2001). The Role of Impact Forces and Foot Pro nation: A New Paradigm. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *11*(1), 2-9.

Owings, T. M., Apelqvist, J., Stenström, A., Becker, M., Bus, S. A., Kalpen, A. ... & Cavanagh, P. R. (2009). Plantar pressures in diabetic patients with foot ulcers which have remained healed, *Diabetic Medicine*, *26*(11), 1141-1146.

Park, J. S. & Lee, J. S. (2019). Kinetic analysis of foot balance and gait patterns in patients with adult spinal disease. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *29*(1), 23-32.

Pascope, D., Pascoe, D., 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), 631-641.

Perry, J. & Burnfield, M. J. (2010). *Gait Analysis_Normal and Pathological Function*, 2nd ed, NJ: SLACK Inc.

Putti, A. B., Arnald, G. P., Cochrane, L. A. & Abboud, R. J. (2008). Normal pressure values and repeatability of the Emed® ST4 system. *Gait and Posture*, *27*, 501-505.

Resch, S., Apelqvist, J., Stenstrom, A. & Astrom, I. (1997). Dynamic plantar pressure measurement in 49 patients with diabetic neuropathy with or without foot ulcers. *Foot and Ankle Surgery*, *3*, 165-174.

Root, M. L, Orien, W. P., Weed, G. H. & Hughes, R. J. (1971). *Biomechanical Examination of the Foot*. Los Angeles, CA: Clinical Biomechanics Corp.

Rosenbaum, D. & Becker, H. P. (1997). Plantar pressure distribution measurements: Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surgery*, *3*(1), 1-14.

Sather, J. (2016). *Posturology: The Basics to Muscular Imbalances*. Kindle edition.

Schwartz, R. P., Heath, A. L., Morgan, D. W. & Towns, R. C. (1964). A quantitative analysis of recorded variables in the walking pattern of 'normal' adults. *Journal of Bone and Joint Surgery*, *46*(A), 324-334.

Seong, D. H., Yoon, S. D., Kim, S. H., Jang J. S., Lee, S. H. & Park, G. D. (2017). The effect of sling exercise and proprioceptive neuromuscular facilitation on foot pressure and range of motion after total knee replacement. *The Korea Journal of Sports Science*, *26*(5), 1335-1343.

Shultz, S. P., Song, J. S., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Rao, S., Backus, S. ... & Hillstrom, H. J. (2017). An investigation of structure, flexibility and function variables that discriminate asymptomatic foot types. *Journal of Applied Biomechanics*, *3*, 203-210.

Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S. & Ifukube, T. (1999). Effects on the location of the centre of gravity and the foot pressure contribution to standing balance associated with ageing, *Ergonomics*, *42*(7), 997-1010.

Valmassy, R. L. (1996). *Clinical Biomechanics of Lower Extremities; Biomechanical Principles of Running Injuries*, 1st Edition. St. Louis: Mosby Year Book.

Wannaprom, N., Treleaven, J., Jull, G. & Uthaikhup, S. (2018). Neck muscle vibration produces diverse responses in balance and gait speed between individuals with and without neck pain. *Musculoskeletal Science and Practice*, *35*, 25-29.

Wickstrom, B. M., Oakley, P. A. & Harrison, D. E. (2017). Non-surgical relief of cervical radiculopathy through reduction of forward head posture and restoration of cervical lordosis: A case report. *Journal of Physical Therapy Science*, *29*(8), 1472-1474.

Winter D. A. (1989). Biomechanics of Normal and Pathological Gait. *Journal of Motor Behavior*, *21*(4) 337-355.

Winter, D. A., Olney, S. J., Conrad, J. & White, S. C. (1990). *Multiple Muscle Systems*, Berlin: Springer.

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, *3*(4), 193-214.

Woo, B. H. & Park, Y. S. (2015). The effects of age and walkway type on lower extremities kinematics in elderly women, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *25*(3), 249-256.

Yu, Y. J., Lee, K. K., Lee, J. H. & Kim, S. B. (2019). Postural control strategies on smart phone use during gait in over 50-year-old adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *29*(2), 71-77.