

Original article

Open Access

편평발과 정상발의 무게중심한계 비교

한진태†

경성대학교 물리치료학과

Comparison of the Limitation of Stability between Flatfeet and Neutral Feet

Jin-Tae Han†

Department of Physical Therapy, Kyungsung University

Received: October 12, 2017 / Revised: October 30, 2017 / Accepted: October 30, 2017

© 2017 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: Flatfeet are one of the risk factors of foot dysfunction and postural imbalance. The purpose of this study was to compare the limitation of stability (LOS) for the center of gravity (COG) between flatfeet and neutral feet on stable and unstable support surfaces.

Methods: The study included 26 healthy, adult male participants: 14 with normal feet and 12 with flatfeet. The subjects were asked to incline the trunk maximumly to the left, right, anterior, and posterior directions and were asked to keep their feet on the floor with the knee extension. The subjects had 30 seconds of rest time between the tasks. The LOS (anterior, posterior, left, right) of COG was measured by Balance Trainer (BT4, Hur-labs, Tampere, Finland). An independent t- test was used to compare the LOS of COG between flatfeet and normal feet on stable and unstable support surfaces, respectively.

Results: The LOS of the flatfeet group was generally decreased on stable support surfaces as compared to that of neutral feet, but it was not significantly different ($p>0.05$), while the LOS of the flatfeet group was significantly decreased compared to that of neutral feet on unstable support surfaces ($p<0.05$).

Conclusion: This study suggested that the LOS of individuals with flatfeet may be decreased on unstable support surfaces and the postural balance of the flatfeet group may easily be disturbed on an unstable support surface.

Key Words: Balance, Flatfeet, Stability

†Corresponding Author : Jin-Tae Han (jthan2001@ks.ac.kr)

I. 서론

편평발(flatfoot)은 발의 안쪽 세로활(medial longitudinal arch)이 완전 혹은 부분적으로 붕괴된 것으로 정의하며(Chen et al., 2010) 체중을 지지하지 않은 상태(non-weight bearing)에서 세로활이 있느냐 혹은 없느냐에 따라 유연성(flexible)과 강직성(rigid) 편평발로 구분한다(Payehdar et al., 2016). 중증도 이상 편평발의 발생률은 남자는 1.56%, 여자는 16.4% 정도로 나타났다(Suh, 1997).

낮은 세로활은 뒤장근(tibialis posterior) 힘줄 기능 장애, 통증, 관절손상, 그리고 스트레스 골절과 같은 역학적 불균형의 원인이 된다(Lakstein et al., 2010; Tome et al., 2006; Yoon & Park, 2013). 또한 편평발의 정적 그리고 동적 균형은 주위환경과 지지면(base of support)에 크게 의존하고 이러한 조건에서의 변화들은 균형에 부정적인 영향을 미친다(Cote et al., 2005).

자세의 안정성(postural stability)은 주어진 조건하에서 지지면내에 무게중심(center of mass)의 움직임을 최소화하는 능력이며(Hassan et al., 1996) 지지면과 접촉하고 있는 인체의 면과 관련하여 인체의 무게중심인 한 점을 조절하는 능력이다(Horak, 2006). 따라서 자세의 안정성은 주어진 순간 지지면 뿐만아니라 무게중심의 위치와 이동에 의해 영향을 받으며 주위환경과 수행과제, 또 근력, 운동범위, 신경근 조절과 같은 개인적 특성에 의해서 변화된다(Shumway-Cook & Woollacott, 2007). 서 있는 동안 자세의 안정성은 앞뒤(sagittal), 좌우(coronal), 그리고 여러 방향(multidirectional)의 운동 전략으로 유지된다(Diener & Dichgans, 1988). 사람은 안정성 한계 내에서 균형을 유지하기 위하여 전후, 좌우로 움직이며 정상적인 기립자세에서 무게중심 정렬은 안정성 한계의 중심부와 일치한다. 따라서, 안정성한계(limitation of stability, LOS)는 이러한 자세의 안정성을 평가하는 방법 중 하나로 사용되고 있다(Jeong & Kwon, 1999).

안정면에서 인체의 무게중심이동은 움직이지 않은 발과 비례하여 일어나고 주로 발목관절에서 자세반응

이 일어난다. 반면, 불안정면에서의 자세유지는 보다 높은 수준의 조절시스템이 요구되고 들어오는 고유수용성 정보의 활용방법에서 필수적으로 변화가 필요하다(Ivanenko et al., 1999) 다양한 환자를 대상으로 자세 안정성을 개선하기 위해 치료적 목적으로 사용되기도 한다(Lee et al., 2013).

편평발은 정상발인 사람에 비해 불안정한 자세 균형으로 이차적 손상을 받기 쉬운 경향 있어 지금까지 선행연구들은 무게중심의 이동면적, 거리, 속도 혹은 족저압(plantar pressure)을 분석하여 균형능력을 평가하는 연구가 주로 이루어졌다. 하지만 아직까지 안정성 한계를 비교하여 편평발의 자세 안정성을 평가한 연구는 없었다. 따라서 본 연구는 안정면과 불안정면에서 편평발과 정상발의 안정성 한계를 비교하고 편평발인 사람의 자세 안정성을 향상하기 위한 중재방법의 근거자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 총 26명의 대상자가 참여했으며 편평발과 정상발(편평발 12명, 정상발 14명) 그룹으로 나뉘어 연구에 참여하였다. 하지의 변형과 기형이 있는 자, 다리길이에 차이가 있는 자, 최근 3개월 이내 자세균형에 문제를 발생시키는 질환이 있었던 자는 대상자에서 제외하였다(Ledoux & Hillstrom, 2002). 편평발은 한발로 섰을 때 발배뼈(navicular) 높이가 37mm 이하인 경우(navicular drop test) 그리고 발뒤쪽 각도(rear foot angle, RFA)가 밖굽이(valgus) 9° 이상인 경우로 하였다(Mall et al., 2007). 발배뼈의 높이는 바닥에서 발배뼈의 아래면까지 거리로 정의하였으며(Shiang et al., 1998) 발뒤쪽 각도(RFA)는 아킬레스힘줄 중간부위(mid-achilles line)와 발꿈치뼈 중간선(mid-calcaneal line) 사이의 각도로 정의하였다(Kanatli et al., 2006; Qeen et al., 2009). 대상자들은 실험전 실험에 대한 내용을 충분히 설명을 들었으며 자발적으로 연구에 참여하는 것에 동의하였다.

2. 측정 방법 및 도구

정상발과 편평발 그룹의 안정면과 불안정면에서 무게중심한계를 비교하기 위하여 균형훈련시스템인 BT4 (BT4 balance platform, Hur-labs, Tampere, Finland) 를 사용하였고 앞, 뒤, 왼쪽, 오른쪽 무게중심한계를 측정하였다. 그리고 불안정면(unstable support surface) 을 만들기 위하여 균형패드(BALANCE PAD, AIREX, Switzerland)를 사용하였다.

3. 실험 절차

대상자들은 편안한 복장으로 실험에 참여하였다. 대상자들은 안정면과 불안정면에서 무게중심한계를 측정하였고 무작위 배정으로 실험에 참여하였다. 측정 자세는 BT4 측정 장비 위에 V자 모양으로 발을 위치하고 손은 가슴 앞에 X자로 위치한 자세를 취하게 하였고 이 자세에서 앞(anterior), 뒤(posterior), 왼쪽(left), 오른쪽(right) 최대 기울임(무게중심이동)을 하도록 지시하였다. 무게중심이동을 하는 동안 발이 바

닥면에서 떨어지지 않게 하였으며 수행과제 사이에는 30초의 휴식시간을 제공하였다(Fig. 1).

4. 자료 분석

안정면과 불안정면에서 편평발과 정상발 그룹의 무게중심한계를 비교하기 위한 독립표본 T검정을 사용하였고 자료는 평균과 표준편차로 제시하였다. 통계자료분석은 SPSS Version 22.0(SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 유의수준은 α 는 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

대상자들은 편평발 그룹과 정상발 그룹으로 나누어 실험에 참여하였고 나이, 체중, 키 등은 차이가 없었고, 발배뼈 높이와 발뒤쪽각도(RFA)는 유의한 차이가 있었다. 대상자들의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=26)

Variable	Neutral feet (n=14)	Flatfeet (n=12)
Age (yrs)	23.21±2.65	22.56±3.32
Height (cm)	170.54±5.86	168.67±6.49
Weight (kg)	68.98±8.25	65.66±7.58
Navicular height (cm)	4.26±0.52	2.84±2.46*
Rear foot angle (°)	2.96±1.72	9.43±0.81*

*p<0.05

2. 안정면과 불안정면에서 정상발과 편평발의 무게중심한계 비교

안정면에서 편평발 그룹의 무게중심한계는 앞, 뒤, 왼쪽, 오른쪽 모든 방향에서 정상발 그룹보다 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$) (Table 2). 불안정면에서 편평발 그룹의 무게중심한계는 앞, 뒤, 왼쪽, 오른쪽 모든 방향에서 정상발 그룹보



Fig. 1. The experimental posture for LOG measurement on balance training system with unstable support surface.

다 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($p<0.05$)(Table 3).

Table 2. Comparison of LOG between neutral feet and flatfeet in stable support surface (mean \pm SD)

LOG	Neutral feet (n=14)	Flatfeet (n=12)	t	p
Anterior	5.28 \pm 0.65	5.04 \pm 0.58	0.99	0.33
Posterior	5.07 \pm 0.72	4.52 \pm 0.79	1.84	0.07
Left	6.67 \pm 0.55	6.24 \pm 0.75	1.67	0.10
Right	6.75 \pm 0.53	6.28 \pm 0.81	1.74	0.09

Table 3. Comparison of LOG between neutral feet and flatfeet in unstable support surface (mean \pm SD)

LOG	Neutral feet (n=14)	Flatfeet (n=12)	t	p
Anterior	4.33 \pm 0.70	3.69 \pm 0.76	2.20	0.03*
Posterior	4.57 \pm 0.91	3.87 \pm 0.79	2.07	0.04*
Left	5.802 \pm 0.72	4.68 \pm 1.01	3.29	0.01*
Right	5.72 \pm 0.81	4.94 \pm 0.97	2.23	0.03*

* $p<0.05$

LOG: limitation of gravity

IV. 고 찰

본 연구는 안정면과 불안정면에서 편평발과 정상발 그룹의 무게중심한계에 차이가 있는 지 알아보고 편평발이 자세 안정성에 미치는 영향을 알아보는 것이었으며 연구의 가설은 안정면과 불안정면 모두 편평발 그룹의 무게중심한계가 정상발 그룹보다 유의하게 감소한다는 것이었다. 이는 편평발 그룹이 정상발 그룹에 비해 자세 안정성이 안정면과 불안정면 모두 나쁘다는 것을 의미한다. 본 연구의 결과는 안정면에서 편평발 그룹의 무게중심한계가 정상발과 비교하여 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 그룹 간 유의한 차이는 없었다. 반면, 불안정면에서 편평발 그룹의

무게중심한계는 정상발과 비교하여 크게 감소하였으며 통계적으로 그룹 간 유의한 차이가 있었다.

선행연구들은 편평발의 균형능력을 평가하기 위해 앞뒤방향의 최대 무게중심이동이나 이동속도 등을 측정하여 정상발과의 차이를 제시하였다. 예를 들면, Tsai 등(2006)은 편평발은 앞뒤 방향의 최대 무게중심이동이 정상발보다 크게 증가하였지만 이동속도는 차이가 없었다고 보고하였다. 하지만 Kim 등(2015)은 편평발 그룹의 앞뒤, 좌우 무게중심이동 속도가 정상발 그룹보다 크게 증가하였다고 하였다. 또한 Cote 등(2005)은 균형검사에서 편평발과 정상발 그룹 사이에 약간의 동적 안정성 차이가 있었다고 보고하였다. 본 연구에서 안정면에서 무게중심한계가 모든 방향에서 편평발과 정상발 그룹 사이에 차이가 없었고 이는 Tsai 등(2006)과 Kim 등(2015)의 연구결과와는 반대이지만 Cote 등(2005)의 연구결과와는 유사하였다. 하지만 불안정면에서는 편평발 그룹의 무게중심한계가 정상발 그룹과 비교하여 유의하게 감소하였으며 이와 같은 결과는 편평발이 발의 안정성을 감소시킨다는 Cobb 등(2004)의 주장과 유사하였다. 이는 불안정한 면에서 자세의 안정성을 유지하기 위해 편평발 그룹은 정상발 그룹보다 최대한 무게중심을 벗어나지 않으려고 한다는 의미라고 생각된다. 또한 나이에 따른 안정성한계를 조사한 선행연구에서는 연령이 높아질수록 앞뒤 안정성 한계는 유의하게 감소하였으나 좌우안정성 한계는 차이가 없었다고 보고하였다(Jeong & Kwon, 1999).

본 연구의 한계점은 대상자 수가 부족하여 연구결과를 일반화하기에 어려움이 있고 방사선촬영을 통한 직접적인 방법으로 발배뼈의 높이를 측정하지 않고 발배뼈 하강검사를 통한 간접적인 방법으로 편평발 그룹은 선정하여 약간에 오차가 발생할 수 있다. 향후 이러한 문제점을 보완한다면 연구결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 편평발 그룹의 무게중심한계가 정상발 그룹과 차이가 있는지를 알아보았다. 편평발 그룹의 무게중심한계는 정상발 그룹과 비교하여 안정면에서는 모든 방향에서 유의한 차이가 없었으나 불안정면에서 모든 방향에서 무게중심한계가 유의한 차이가 있었다. 이는 편평발이 불안정한 면에서 정상발에 비해 균형유지가 어렵다는 것을 설명하며 향후 편평발의 자세 안정성 향상을 위한 중재의 근거자료로 사용되길 바란다.

Acknowledgements

This research was supported by Kyungsoo University Research Grants in 2017

References

- Chen YC, Lou SZ, Huang CY, et al. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. *Clinical Biomechanics*. 2010;25(3):256-270.
- Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, et al. The effect of forefoot varus on postural stability. *Journal of Orthopaedics Sports Physical Therapy*. 2004;34(2):79-85.
- Cote KP, Brunet ME, Ganseder BM, et al. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*. 2005;40(1):41-46.
- Diener HC, Dichgans J. On the role of vestibular, visual and somatosensory information for dynamic postural control in human. *Progress in Brain Research*. 1988;76(1):253-262.
- Hasan SS, Robin DW, Szurkus DC, et al. Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Park I : methods. *Gait and Posture*. 1996;4(1):1-10.
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent fall? *Age and Ageing*. 2006;35(2):7-11.
- Ivanenko YP, Levik YS, Talis VL, et al. Human equilibrium on unstable support: the importance of feet-support interaction. *Neuroscience Letters*. 1997;235(3):109-112.
- Jeong DH, Kwon HC. A comparison of the limits of stability associated with aging. *Journal of Korean Physical Therapy*. 1999;11(2):139-147.
- Kanatli UU, Gozil RR, Besli KK, et al. The relationship between the hindfoot angle and the medial longitudinal arch of the foot. *Foot & Ankle International*. 2006;27(8):623-627.
- Kim JA, Lim OB, Yi CH. Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. *Gait and Posture*. 2015;41(2):546-550.
- Lakstein D, Fridman T, Ziv YB, et al. Prevalence of anterior knee pain and pes planus in Israel defence recruits. *Military Medicine*. 2010;175(11):855-857.
- Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. *Gait and Posture*. 2002;15(1):1-9.
- Lee WJ, Kong YS, Ko YM, et al. Effect of unstable surface exercise on trunk posture and balance ability in patients with scoliosis: after six months follow-up. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2013;25(5):232-238.
- Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA, et al. The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. *Journal of Biomechanics*. 2007;40(5):1171-1176.
- Payehdar S, Saeedi H, Ahmadi A, et al. Comparing the immediate effects of UCBL and modified foot orthoses on postural sway in people with flexible flatfoot. *Prosthetics and Orthotics International*. 2016;40(1):117-122.

- Qeen R, Mall NA, Nunley JA, et al. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait and Posture*. 2009;29(4):582-586.
- Shiang TY, Lee SH, Lee SJ. Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE Engineering in Medicine Biology*. 1998;17(6):62-66.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- Suh TS. Reseach of flatfoot on a adolescence. *Journal of Korean Physical Therapy*. 1997;9(1):97-101.
- Tome J, Nawoczenski DA, Flemister A, et al. Comparison of foot kinematics between subjects with posterior tibialis tendon dysfunction and healthy controls. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006;36(9):635-644.
- Tsai LC, Yu B, Mercer VS, et al. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedics Sports Physical Therapy*. 2006;36(12):942-953.
- Yoon KS, Park SD. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing distribution, low back pain and flexibility in pronated-foots subjects. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2013;9(2):292-297.