

Original Article

Open Access

할룩스 포인트를 이용한 기능성 인솔 착용 시 동적균형에 미치는 영향

이수경¹ · 최임락^{2†}

¹동의대학교 물리치료학과, ²좋은삼선병원 재활치료팀

Effects of Functional Insole Application Using the Hallux Point on Dynamic Balance

Su-Kyoung Lee, P.T., Ph.D.¹ · Im-Rak Choi, P.T., Ph.D.^{2†}

¹Department of Physical Therapy, College of Nursing and Healthcare Sciences, Dong-Eui University

²Department of Rehabilitation Therapy Team, Good Samsun Hospital

Received: July 28, 2024 / Revised: August 14, 2024 / Accepted: August 16, 2024

© 2024 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: The purpose of this study was to determine the effects of functional insole application using a hallux point on dynamic balance.

Methods: Twenty-nine participated in this study. The experiment investigated changes in dynamic balance with the use of a functional insole that emphasized the hallux point. After explaining the experiment to the subjects, the Y-balance test was conducted to measure dynamic balance before the insole was applied. The test was then repeated after the functional insole with the hallux point was. Paired t-tests were used to analyze the statistical differences before and after the application of the functional insole with the hallux point.

Results: The functional insole that emphasizes the hallux point significantly increased the distance in the anterior ($p<0.05$), posteromedial ($p<0.05$), posterolateral ($p<0.05$) directions as well as the composite score measured by the Y-balance test compared to before the insole application.

Conclusion: The use of a functional insole that emphasizes the hallux point can help the foot pronate during dynamic balance, thereby improving balance through the control of the sole.

Key Words: Insole, Hallux point, Dynamic balance, Y-balance test

†Corresponding Author : Im-Rak Choi (irchoi@hanmail.net)

I. 서론

균형은 다양한 움직임과 자세 변화 시 무게 중심을 중력에 대하여 양발 사이의 지지면 내에 위치하도록 조절하는 동시에 일상생활에서 넘어지지 않게 신체를 바른 자세로 유지하려는 기전이다(Radomski & Latham, 2008). 이러한 균형은 정적균형과 동적균형으로 나눌 수 있으며, 정적균형은 안정된 양발의 지지면에서 최소한의 움직임만으로도 서 있을 수 있는 능력을 말하고(Hrysomallis, 2011), 동적균형은 불안정한 지지면이나 환경에서 움직이는 동안 신경근 동원순서를 유동적으로 바꿔가면서 자세를 조절하는 것을 의미한다(Fullam et al., 2014; Gribble et al., 2004). 정적균형을 유지하는 것에 비해 동적균형을 유지하는 것은 움직임을 수행하는 동안 자세의 안정성을 확보할 수 있도록 충분한 근력, 근지구력, 근긴장도 및 관절의 유연성 등 다양한 기능성 부분들이 뒷받침되어야 한다(Vuilleme et al., 2002). 특히 발이 균형을 유지하는데 필수적인 역할을 하게 되는데 이는 발이 지면과 직접적으로 맞닿게 되면서 자세유지를 위한 안정성과 지면에 대한 정보를 제공하여 보행 시 발에서의 충격을 흡수하여 균형을 유지하는데 중요한 역할을 하기 때문이다(Hillstrom et al., 2013).

정적균형이나 동적균형 모두, 발을 이용하여 균형유지를 하기 위해서는 근육뼈대계의 구조적 및 기능적인 역할과 동시에 신경계의 협조가 무엇보다 중요하다. 기립자세나 보행 시 체중 부하 상황에서 발바닥에서의 발활의 붕괴와 더불어 발의 과도한 옆침과 동시에 발목관절의 안쪽돌림 등의 발의 구조적 변형은 무조건 문제라고 할 수는 없다(Scott et al., 2007). 발에서의 야기된 구조적 변화가 결국 기능적 변화로 신체 전반의 자세 부정렬은 성장기 아동의 척추 옆굽음증이나 불균형으로 인한 노년층의 낙상으로도 이어질 수 있는 연속성을 가지고 있다.

기능성 인솔은 발의 안정성을 증진시켜 근피로와 변형을 방지하며, 발의 내재근이 보행을 하는 동안 발의 발활에 작용하여 외력에 대항하고 안쪽 세로활

에 동적인 안정성을 제공 해 줄 수 있다(Mckee et al., 2015). 발의 내재근은 허리의 코어 시스템과 유사하게 발의 안정화를 담당하는 근육으로써(Jung et al., 2011), 발 근육의 고유수용성 감각 증진 및 자세 동요를 감소시키는 효과로 자세를 안정화 시킴과 동시에 반사적 반응을 활성화 시키는 역할을 한다(Page et al., 2010). 이처럼 발활을 지지하는 신발에서의 기능성 인솔은 발의 모양에 맞춰서 구조형태학적으로 발바닥과 기능성 인솔의 접촉상태를 향상시켜 줌으로써 보행을 하는 동안 수직적 충격력 및 부하율을 감소시켜 다리 관절을 보호한다(Chan et al., 2018). 또한 감각운동계(sensory motor system)에 긍정적인 효과를 주며 다리의 신경근육의 기능을 향상 시킬 수 있다(Akbari et al., 2007).

다양한 기능성 인솔 중에서도 할룩스 포인트를 강조한 기능성 인솔은 엄지발가락을 기준으로 발앞꿈치와 첫번째 발허리뼈가 연결된 지점에서 에어쿠션을 내재한 할룩스 포인트가 있다. 이 부분을 누르게 되면 엄지발가락 발허리뼈 부위의 헤드부위가 지면에 잘 닿을 수 있도록 감각피드백을 제공함으로써 누름과 동시에 발의 내재근이 활성화 되도록 설계하여 발의 안정성을 높게 하였다. 할룩스 포인트를 누르고 당김으로써 발의 내재근을 강화하기 위한 스포츠 운동으로 적용할 수 있고, 서있는 정적인 자세나 보행 시에도 운동을 실시함으로써 발활을 상승시킬 수 있으며 안정성을 증가시켜 피로도를 감소시키는 장점이 있다(Lee et al., 2021; Lee, 2022). 이전 연구들은 발바닥에 대한 압력이나 접촉면적 등 정적인 상태에서 연구를 진행하였고, 동적 균형을 알아보는 연구는 진행되지 않았다. 따라서 일반적인 인솔과 발의 안정성을 위해 할룩스 포인트를 강조한 기능성 인솔에서의 동적 균형을 비교해 보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 부산에 소재한 J종합병원에서 실시하였으며 엄지발가락 벌림근을 활성화 할 수 있는 할록스 포인트를 강조한 기능성 인솔이 균형에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 실험참여에 동의한 자들을 대상으로 실시하였으며 제외기준은 다음과 같다. 1) 허리나 엉덩관절, 무릎, 발목 등 하지의 통증을 호소하는 자, 2) 어지러움이나 현기증이 있는 자, 3) 하지의 정형외과적 신경외과적 질환이 있는 자 4) 지난 6개월 동안 약물을 복용하거나 기타 수술의 과거력이 있는 자는 제외하였다. 연구에 필요한 표본수의 선정기준은 G-Power 3.1 프로그램(Universitat of Dusseldorf, Germany)을 이용하여 대응표본 t 검정에 의한 효과크기 0.8, 유의수준 0.05, 검정력 90%하여 19명이 산출되었으나 중도탈락을 고려하여 30명을 대상으로 실시하였다. 실험을 실시하는 동안 1명의 중도탈락자가 발생하여 총 29명을 대상으로 실시하였으며, 연구대상자의 모집과 연구 절차에 대한 모든 과정은 기관 생명윤리위원회의 심의를 거쳐 실시하였다(DIRB-202406-HR-E26-1).

2. 측정방법 및 도구

1) 할록스 포인트를 강조한 기능성 인솔

본 연구에서 사용된 인솔은 미국 FDA 의료기기 1등급 등록(D456873)과 안정성 테스트(NO.9249178)에도 통과된 제품으로써 Lee(2021)의 연구에서도 사용된 할록스 포인트(엄지발가락 발허리뼈 부위)를 강조한 인솔이다(hallux magic insole, O2lab Inc., Korea). 엄지발가락의 발앞꿈치와 발허리뼈의 연결지점에 에어쿠션형태의 할록스 포인트가 있어 그 부분을 누르고 당기는 운동을 하였을 때 내재근을 강화하기 위한 스포츠 운동을 실시할 수 있으며, 정적인 자세 뿐만 아니라 동적인 자세에서도 실시할 수 있도록 설계되었다.



Fig. 1. Functional insole using hallux point.

2) Y-Balance test

Y-Balance test는 동적균형을 측정하기 위한 검사 방법으로 앞쪽(anterior), 뒤안쪽(posteromedial), 뒤바깥쪽(posterolateral)의 세방향으로 이동하여 거리를 측정한다. 대상자는 충분한 설명을 들은 이후 지시에 따라 중앙선에 맞춘 후 양손은 골반에 대고 정면을 응시한 후 한쪽발로 지지한 상태에서 균형을 유지하면서 반대측 발을 이용하여 각 방향으로 최대한 멀리 뻗는 지점까지의 거리를 cm 단위로 측정하였으며 세 방향에 대한 순서는 무작위로 실시하였다. 연구 대상자는 본인이 평소에 신고 다니는 신발을 착용하여 1차 측정을 실시하였으며, 이후 기존의 인솔을 제거하고 실험용 인솔을 착용한 상태에서 2차 측정을 실시하도록 하였다. 대상자는 충분한 설명을 들은 후 일반 인솔 및 기능성 인솔 착용 이후 측정하기 전 3번의 연습을 하였고 각각 세 번씩 측정한 값의 평균값을 사용하였다. 검사 중 움직이는 다리가 시작자세로 돌아오지 못하거나 바닥에 닿을 경우, 지지하는 다리가 떨어지는 경우에는 실패로 간주하여 다시 측정하였다. 3방향의 최대 도달범위의 평균 거리를 참가자의 다리길이를 나누고 100을 곱한 값을 종합점수(composite score)로 사용하였다(Brumitt et al., 2019). 다리길이는 앞엉덩뼈가시(ASIS)부터 안쪽 복사뼈(medial malleolus)까지 길이를 측정하였다.

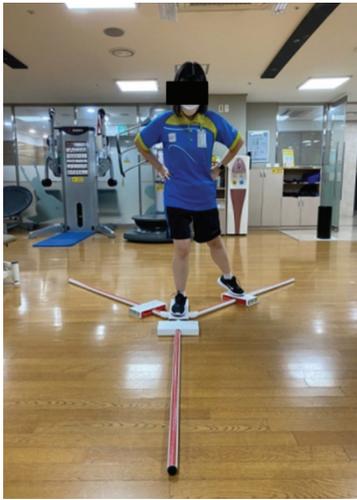


Fig. 2. Y-Balance test.

3. 자료 분석

본 연구의 자료분석은 SPSS 25.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계분석 하였으며 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다. Shapiro-Wilk 검정을 통해 측정데이터의 정규분포를 확인하였다. 대상자의 일반적인 특성은 기술통계량의 평균과 표준편차를 사용하였으며 할록스 포인트를 이용한 기능성 인솔 착용유무에 따른 동적균형의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성(Table 1)

본 연구의 대상자들은 29명으로 해당 내용은 Table 1에 표기되었다.

2. 할록스 포인트를 강조한 기능성 인솔 적용 후 동적균형의 변화

동적균형을 측정하는 동안 할록스 포인트를 강조한 기능성 인솔을 적용하였을 때 앞쪽, 뒤안쪽, 뒤바깥

Table 1. General characteristics of subjects (n=29)

	Experimental
Gender (male / female)	11 (37.9%) / 18 (62.1%)
Age (year)	30.07±6.08
Height (cm)	168.72±8.66
Weight (kg)	68.83±13.46
Foot size (mm)	252.41±18.35
Dominant leg (right / left)	29 (100%) / 0 (0%)
Leg length (male / female) (cm)	94.91±4.93 / 87.11±2.35

Table 2. Change in distance of leg reach on Y-Balance after functional insole application using hallux point

Variables	Mean ± SD		p	
	pre	post		
Male	Anterior (cm)	60.91±8.5	65.45±8.45	.003*
	Posteromedial (cm)	100.18±8.19	105.27±9.29	.000*
	Posterolateral (cm)	96.36±9.44	101±11.17	.000*
	Composite score	90.79±7.36	95.47±8.11	.000*
Female	Anterior (cm)	55.17±4.49	59.78±5.9	.022*
	Posteromedial (cm)	85.06±7.97	88.33±9.03	.000*
	Posterolateral (cm)	81.78±6.91	88.06±10.09	.000*
	Composite score	84.77±6.49	90.19±9.1	.000*

* p<.05

쪽 모두 거리가 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 종합 수행 또한 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 2).

IV. 고 찰

발의 안쪽세로활을 형성하는 인대, 내재근과 외재근 힘줄 및 감각입력, 그리고 안쪽 세로활의 유연성과 안정성은 신체 균형과 밀접한 관계가 있다(Karatas et al., 2019). 발의 비정상적인 변화는 신체 균형에 영향을 미친다(Koura et al., 2017). Y-balance test는 정적인 평형성보다 동적인 평형성을 나타내며(Bouillon & Baker, 2011), 한 다리를 앞쪽(anterior: ANT), 뒤안쪽(posteromedial: PM, 뒤가쪽(posteolateral: PL)의 세 가지 방향으로 다리를 뻗는 동안 지지하는 다리의 균형이 요구되는 동적 균형 능력을 측정한다. 또한 이 검사 시 근력, 유연성, 신경근 조절, 관절가동범위, 균형 그리고 고유수용성 감각이 요구된다(Gonell et al., 2015). 한 발서기 시 긴종아리근과 앞정강근이 균형에 중요한 역할을 한다(Braun et al., 2011). 긴 종아리근의 작용은 목말밑 관절이 엮힘되어 발목의 안정성을 유지하고(Ludwig, 2016), ANT 방향으로 다리를 뻗을 때는 앞정강근의 활성화도가 증가하여 자세동요를 감소시켜 거리가 증가하였다고 하였다(Gribble, 2004). PM 방향으로 다리를 뻗을 때에는 발목 가쪽변짐으로 인한 체중의 바깥쪽 이동이 긴 종아리근을 활성화 시키고 다시 체중을 안쪽으로 이동시켜 안정성을 증가시키며(Gefen, 2002), PL 방향으로 다리를 뻗는 동작은 발의 발바닥 굽힘과 함께 안쪽변짐이 발생하여 장딴지근이 작용하게 된다고 하였다(Cote, 2005). 할록스 포인트를 이용한 기능성 인솔을 적용한 이전연구에서 Lee 등(2021)과 Lee (2022)는 일반인솔 적용보다 발바닥의 접촉면적이 유의하게 증가하였으며, 접촉압력은 감소하였다고 하였다. 이는 발바닥 활이 안정적으로 형성되어 특정부위에 압력이 증가하는 것이 아니라 골고루 분산되어 안정성이 증가하고 피로도가 감소하여 바른 자세를 유지할 수 있다고 하였다. 본 연구에서도

할록스 포인트를 이용한 기능성 인솔을 적용한 후 Y-balance test를 실시하였을 때 골고루 접촉압력이 분산되고 적절한 발의 엮힘을 도와주며 목말밑 관절을 유연하게 만들어 발의 균형 조절이 증가한 것으로 생각된다.

ANT 방향은 무릎관절의 굽힘, 발목관절의 발등굽힘 수행 능력에 대한 운동형상학적 예측변수로 작용하게 되는데 신발 내의 기존 인솔과 할록스를 강조한 실험용 인솔의 측정에서 약 3.62cm의 증가를 나타내었으며 유의한 차이가 확인되었다. Smith 등(2015)과 Butler 등(2013)은 ANT방향에서 4cm이상 비대칭이 있는 사람은 비접촉 손상의 위험이 2.5배 이상 높다고 보고하였다. 이는 좌, 우 다리를 측정한 결과를 대상으로 좌, 우의 비대칭 비율이 손상에 영향을 미치는 결과를 나타내는 것으로 발의 안정성을 강조한 이후에 좌, 우에서의 비대칭에 의한 손상을 설명하였으나 본 실험에서도 발의 안정성을 위한 할록스 포인트를 강조한 인솔을 착용하여 발의 안정성을 강조하면서 길이 증가에 영향을 미친 것으로 확인되었다. PM방향에서의 4cm 이상 비대칭이 있는 축구선수의 부상이 지속될 가능성이 3.86배 더 높게 나타났다(Butler et al., 2013).PM에서의 길이변화를 통한 부상의 지속 가능성을 확인할 정도로 이 검사는 측정자내 신뢰도(ICC 0.85-0.91)와 측정자간 신뢰도(ICC 0.99-1.00)가 입증되었다(Plisky et al., 2009). 이처럼 측정 동안의 각 방향으로의 길이 변화는 손상의 위험을 예측하는 수단으로도 사용되지만 본 실험과 같이 착화 전, 후 차이에 의한 기능적 변화를 측정하는 방법으로도 유용하다. 본 연구에도 할록스 포인트를 강조한 실험 인솔의 PM과 PL 방향에서도 각각 4cm와 5.27cm의 변화를 보임으로써 발바닥에서의 안정성을 강조한 실험용 인솔이 일반 인솔에 비해 측정 동안 발의 안정성에 영향을 미친 것으로 사료된다.

종합(composite) 수행능력은 세 방향으로 최대한 뻗은 거리를 더한 값을 다리 길이의 3배 값으로 나눈 후 100을 곱하여 정규화 한 값으로 본 실험에서는 4.49점으로 일반 신발에 비해 실험 인솔의 착화 이후 측정

에서는 높게 나타났다. 안쪽 세로활을 강화할 목적으로 고안된 실험용 인솔을 착용하여 발에서의 기능적 안정성을 높인 상황에서 측정을 실시하여 3가지 방향에서의 길이변화를 확인하였기에 전, 후 차이의 수행 능력은 향상된 결과를 나타내었다. 체중부하시 안쪽 세로활이 낮아지는 유연성 평발은 뒤정강근의 기능 장애, 발 뼈의 기형, 인대의 느슨함, 아킬레스 힘줄의 단축과 발 근육의 약화 등에 의해 유발된다(Huan et al., 1993). 정상발과 같이 적절한 옆침을 도와주는 실험용 인솔은 한 발에서의 디딤 동안 목말땀관절을 유연한 상태로 만들어 바닥에 대한 조절을 통해서 균형을 유지할 수 있게 한 것으로 확인되었다(Lafortune et al., 1994; Newell et al., 2015).

본 연구의 제한점으로는 20대 이상의 증상이 없는 건강한 사람들을 대상으로 실시하였기 때문에 모든 연령이나 발이나 발목에 통증이나 기능부전이 있는 사람들에게 일반화 할 수 없다. 또한 할룩스 포인트를 이용한 기능성 인솔을 적용하고 즉각적인 균형 효과만 측정하였기 때문에 장기간 인솔을 적용하였을 때와 균형 이외의 효과는 알 수 없다. 앞으로 이러한 제한점을 보완하여 추후 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 할룩스 포인트를 이용한 기능성 인솔적용이 동적균형에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 할룩스 포인트를 이용한 기능성 인솔을 적용하였을 때 Y-Balance 테스트를 이용한 결과에서 앞쪽, 뒤안쪽, 뒤바깥쪽 모든 방향에서 도달하는 거리가 유의하게 증가하였고, 종합수행 역시 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 할룩스 포인트를 강조한 기능성 인솔이 적절한 발의 옆침을 도와줌으로써 발을 디딤하는 동안 목말땀관절을 유연하게 만들어 발바닥의 조절을 통해 균형이 증가한 것으로 판단된다. 따라서 동적균형 개선 필요시 할룩스 포인트를 이용한 기능성 인솔을 사용하면 도움이 될 것이다.

References

- Akbari M, Mohammadi M, Saeedi H. Effects of rigid and soft foot orthoses on dynamic balance in females with flatfoot. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. 2007;21(2):91-97.
- Bouillon LE, Baker JL. Dynamic balance differences as measured by the star excursion balance test between adult aged and middle aged women. *Sports Health*. 2011;3(5):466-469.
- Braun Ferreira LA, Pereira WM, Rossi LP, et al. Analysis of electromyographic activity of ankle muscles on stable and unstable surfaces with eyes open and closed. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2011;15(4):496-501.
- Brumitt J, Patterson C, Dudley R, et al. Comparison of lower quarter y-balance test scores for female collegiate volleyball players based on competition level, position, and stater status. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2019;14(3):415-423.
- Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, et al. Dynamic balance performance and noncontact lower extremity in college football players: An initial study. *Sports Health*. 2013;5(5):417-422.
- Chan ZYS, Zhang JH, Au IPH, et al. Gait retraining for the reduction of injury occurrence in novice distance runners: 1-year follow-up of a randomized controlled trial. *American Journal of Sports Medicine*. 2018; 46(2):388-395.
- Cote KP, Brunet ME, Gansneder 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.
- Fullam K, Caulfield B, Coughlan GF, et al. Kinematic analysis of selected reach directions of the star excursion balance test compared with the Y-balance test. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2014;23(1):27-35.

- Gefen A. Biomechanical analysis of fatigue-related foot injury mechanisms in athletes and recruits during intensive marching. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 2002;40(3):302-310.
- Gonell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y-balance test scores and soft tissue injury incidence in an soccer team. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015;10(7):955-966.
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, et al. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(4):321-329.
- Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait and Posture*. 2013;37(3):445-451.
- Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*. 2011;41(3):221-232.
- Huan CK, Kitaoka HB, An KN et al. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot Ankle*. 1993;14(6):353-357.
- Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: a randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2011;24(4):225-231.
- Karatas L, Vurali D, Günendi Z. The effect of medial longitudinal arch height and medial longitudinal arch support insole on postural balance in perimenopausal women. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2019;49(3):755-760.
- Koura GM, Elimy DA, Hamada HA, et al. Impact of foot pronation on postural stability: An observational study. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30(6):1327-1332.
- Lafortune MA, Cavanagh PR, Sommer HJ, et al. Foot inversion eversion and knee kinematics during walking. *Journal of Orthopaedic Research*. 1994;12(3):412-420.
- Lee SK, AN SH, Kim YH, et al. Effect of hallux point insole on foot contact area and pressure. *PNF and Movement*. 2021;19(2):233-242.
- Lee SK. Comparison of the contact area, maximum pressure, maximum average pressure and maximum force between functional insoles and general insoles. *PNF and Movement*. 2022;20(3):431-441.
- Ludwig O, Kelm J, Fröhlich M. The influence of insoles with a peroneal pressure point on the electromyographic activity of tibialis anterior and peroneus longus during gait. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2016;9(1):33.
- McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*. 2015;49(5):290-298.
- Newell T, Simon J, Docherty CL. Arch-taping techniques for altering navicular height and plantar pressures during activity. *Journal of Athletic Training*. 2015;50(8):825-832.
- Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;41(10):78-86.
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2009;4(2):92-99.
- Radomski MV, Latham CAT. Occupational therapy for physical dysfunction. Baltimore, Lipponcott Williams & Wilkins. 2008.
- Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait and Posture*. 2007;26(1):71-78.
- Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of Y-balance test each asymmetry and injury in division I athletes.

Medicine & Science in Sports & Exercise. 2015;
47(1):136-141.
Vuillerme N, Forestier N, Nougier V. Attentional demands

and postural sway: the effect of the calf muscles
fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise.*
2002;34(12):1907-1912.