

## 15분간의 지속적인 스트레칭이 족저압과 족저면적 변화에 미치는 영향

국중석<sup>1</sup>

<sup>1</sup>영남대학교의료원 물리치료실

### Acute Effects of Prolonged 15minnute Static Stretching on Foot Contact Area Surface and Foot Pressure Changed in Young Adults

<sup>1</sup>Jung-Seok Kuk

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, Yeung Nam Medical Center*

#### ABSTRACT

**Purpose** : The purpose of this study was to evaluate the effects of the stretching of the calf muscles on foot pressure and contact area in young adult. Participants stood on a wedge board that was sloped between 15~25 degree for 15min. After stretching participants stood quietly on force plate, result was recorded. Participants stood on a force plate for 1 min in eye closed condition, and them the foot pressure and area was recorded. The following variables were calculated off-line: anterior and posterior foot pressure and contact area, medial and lateral foot pressure and contact area. Results showed that anterior pressure change due to stretch, but mediolateral was not significant. This result suggested that stretching of the calf muscle has the effect of increasing anterior pressure by flexibility change on calf muscle, so this effects might be effective intervention for reduce of serious problem to neurologic patients in therapy session.

**Key words** : Static stretching, Foot pressure, Foot contact area

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

인간은 기립자세 조절을 위해서는 체성감각, 시각, 정정감각(Bronstein 등, 1990)계로부터 정보를 받아들이며, 이를 통해 항중력 작용(anti-gravity activity)과 주시(gaze), 정적 & 동적 자세 조정(adjustment of static and dynamic postures)을 하게 된다. 특히 정적서기 동안 시각과 체성감각 입력은 머리 위치와 체간 요동 인식에서 매우 중요하다(Bronstein 등, 1990).

이러한 정적서기에서 족관절과 발의 일차적 기능은 보행동안 충격을 흡수하고 신체의 전진을 제공하는 것이다. 사람은 일생동안 서거나 보행, 달리기를 하면서 발을 지면에 접촉하게 되며, 발은 이러한 충격을 흡수하기 위해 충분한 유연성과 다양한 형태의 지면에 적응할 수 있는 능력을 가지고 있어야 한다(Neumann, 2004). 그러나 아킬레스건염, 족저염, 강직, 캐스트 등의 원인으로 인해 족관절의 관절가동범위가 제한되면 관절수용기나 근 수용기로부터의 감각 정보가 변화됨으로 인해 수정된 체성감각정보가 전달되게 되며, 이로 인해 부적절한 족관절전략이 반영된 운동 반응을 나타낼 수 있다(Lee 등, 2010).

족관절 관절가동 범위 증가와 체성감각 자극을 위해 비복근의 스트레칭이 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 스트레칭의 종류로는 정적(static), 탄성적(ballistic), 신경생리학적(neurophysiological) 스트레칭 등이 있다. 정적스트레칭은 가정에서 쉽게 할 수 있는 잇점이 있는 반면 탄성적 스트레칭은 조직 손상의 위험이 있으며, 신경생리학적 스트레칭은 도움을 필요로 한다는 단점이 있다(Radford 등, 2006). 정적 발목스트레칭은 발목의 관절가동범위 증가, 비복근의 긴장, 손상 위험 감소에 효과적이지만 스트레칭 후 일시적인 힘 발생 능력의 감소를 유발하기도 한다. 또한 선행연구에서 15분 미만의 스트레칭 후 근육의 역학적 특성이 변화되었고, 구심성피드백(afferent feedback)의 감소로 인해 수행력 역시 감소하였다고 보고하였다(Babault 등, 2010).

정적인 서기 안정성에 영향을 미치는 요인은 많다. 체간의 정렬로 중심에서 벗어나게 하려는 중력의 영향을 최소화하거나 근육긴장도를 조절하여 중력에 반응해서 균형을 잃는 것으로부터 몸을 바르게 유지할 수 있도록 한다. 이러한 근육 긴장도에 영향을 미치는 중요한 세가지 요소가 있는데 근육의 내재적 뻣뻣함과 신경적인 기여요소인 모든 근육에서 정상적으로 존재하는 배경근 긴장도(background muscle tone), 정적인 서기동안에 항중력근의 활동으로 나타나는 자세적 긴장도가 그것이다(Shumway-cook과 Woollacott, 2007).

이러한 역학적 요소 이외에 정적인 서기 안정성에 영향을 미치는 고유수용성 감각은 관절 주변과 관절 내에 존재하는 기계적인 수용기로부터 입력되는 중요한 되먹임의 요소로서 고유수용성 초기반사, 고유수용성 신장반사를 통하여 신경-근 조절, 균형조절, 관절의 안정성을 유지하는데 기여한다(Voight 등, 1996). 고유수용성 감각은 또한 과도한 움직임으로부터 신체를 보호하고 자세를 안정화시키며, 관절의 안정성, 근육의 활동성, 신체의 균형능력과 함께 신체의 기능 향상에 필요하다(김도균 등, 2005).

정적 자세 균형 제어에서는 체성 감각기관의 역할이 가장 크며, 체성 감각과 시각적 정보 유입이 소실된 경우에는 자세 균형 유지에 큰 동요를 보인다(나영무 등, 2003).

일상적으로 발목의 유연성을 증가시키기 위해 정상 인이나 발목병변을 지닌 사람들에게 스트레칭을 많이 실시하고 있지만 이러한 스트레칭이 발의 접촉면이나 족저압에 미치는 영향을 알아본 연구는 거의 없었다. 서거나 보행 동안 발에서는 균형을 유지하기 위한 반발력이 발생하게 되며, 이러한 반발력은 족저면이나 족저압을 통해 반영된다. 발 접촉면과 족저압에 대한 연구들은 주로 보행 동안의 변화에 대한 것들이었으며(이규한 등, 1996), 스트레칭 이후 발의 면적과 족저압의 변화에 대한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구의 목적은 15분간의 정적 스트레치가 선 자세에서의 발의 면적과 족저압에 일시적으로 미치는 영향을 알아보는 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상 및 기간

본 연구는 2011년 7월 정상인 5명을 대상으로 예비 실험을 한 후 문제점을 보완하여 2011년 8월 1일부터 14일까지 20-30대 건강한 성인 28명을 대상으로 하였다. 연구대상자의 선정은 다음과 같다. 지난 12개월 동안 발목이나 무릎 질환의 병력이 없는 정상인으로 근골격계 및 신경계적 손상, 그리고 자세조절에 영향을 미칠 수 있는 전정기관의 손상이 없는 이들을 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 실험에 참가하기 전에 연구 목적과 방법에 대한 설명을 충분히 들었고 이에 자발적 동의를 한 후에 연구에 참여하였다.

본 연구에 참여한 대상자의 일반적인 특징은 다음과 같다. 남자는 13명, 여자는 15명이었다. 평균 연령은  $29.39 \pm 4.82$ 세, 키는  $167 \pm 7.65$ cm, 체중은  $59.11 \pm 10.26$ kg이었다.

### 2. 측정 장비

BioRescue®(RM INGENIERIE, 프랑스)는 1600개의 센서가 갖추어진 발판과 소프트웨어로 구성되어 있으며, 신체중심의 이동이나 압력, 접촉면적의 변화를 분석할 수 있는 장비이다(그림1).

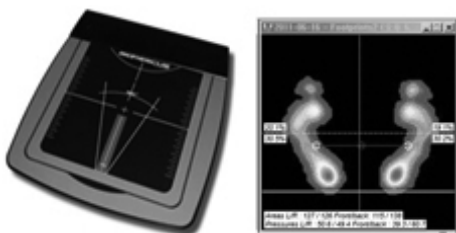


그림 1. BioRescue

### 3. 실험절차

대상자들에게 측정 48시간 전부터 격한 활동을 하지 않도록 했으며, 선 자세에서 정적 안정성을 검사하기 위해 균형측정 장비인 Biorescue를 사용하였다. 측정에

앞서 대상자는 바로 선 자세에서 다리를 30도 벌린 후 전방의 눈높이를 주시하도록 하였다. 측정 시 시각적 정보를 차단하기 위해 눈을 감고 1분간 정적 기립을 유지하게 한 후 발바닥 압력과 발바닥 접촉면적을 측정하였다. 그리고 경사발판에서 15분간 지속적 스트레칭을 실시하였고 스트레칭을 마친 직후 측정 발판위에서 눈을 감은 상태로 1분간 유지 후 발바닥 압력과 발바닥 접촉면적을 측정하였다. 경사발판의 각도는  $15 \sim 25^\circ$  범위 내에서 대상자가 통증을 느끼지 않는 각도로 결정하였으며, 스트레칭 중 대상자가 불편함을 호소하면 각도의 조정을 허용하였다. 측정된 발바닥 압력과 발바닥 접촉면적은 각 개인의 체중과 발 크기에 다른 차이가 있기 때문에 측정된 전체 압력과 면적에 대한 백분율로 평균화하여 양쪽 발의 좌우와 앞뒤에서 나타나는 차이를 분석에 사용하였다.

### 4. 분석방법

본 연구의 자료분석은 SPSS 17.0 for window를 이용하여 통계 처리하였다. 통계 분석은 집단내 스트레칭 전후의 발바닥 압력과 발바닥 접촉면적의 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 .05로 하였다.

## III. 연구결과

본 연구결과 스트레칭에 따른 양쪽 발바닥의 앞부분과 뒷부분 압력 비교에서 스트레칭 전에는 발 앞부분 47.37%, 발 뒷부분 52.63%의 분포를 보였지만 15분간의 지속적 스트레칭 이후에는 발 앞부분 50.65%, 발 뒷부분 49.35%로 체중이 통계학적으로 유의하게 전방으로 이동됨을 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ). 좌우압력에 대한 비교에서 스트레칭 전에는 오른쪽 발은 51.05%, 왼쪽 발은 48.95%의 분포를 보였지만 스트레칭 후에는 오른쪽 발 51.05%, 왼쪽 발 48.95%이었으며 스트레칭에 따른 통계적인 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 발바닥 접촉면적에서 스트레칭 전 발 앞부분은 51.35%, 발 뒷부분은 48.65%의 분포를 보였지만 스트레칭 후

에는 52.22%와 47.78%이었으며 통계적인 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 좌우측 발의 접촉면적에 대한 비교에서는 스트레칭 전에는 오른쪽 발 50.52%, 왼쪽 발 49.48%의 분포를 보였지만 스트레칭 후에는 오른쪽 발 50.38%, 왼쪽 발 49.62%로 스트레칭에 따른 통계적인 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ )(표1).

표 1. 압력과 접촉면적의 변화

	Foot pressure		Foot contact Area	
	Front-Back	Right-Left	Front-Back	Right-Left
Pre-stretching	-4.74±2.95	2.10±0.91	2.70±1.76	1.04±0.58
Post-stretching	1.30±2.51*	0.94±0.85	4.45±1.45	0.76±0.56

(M±SE)  $p < 0.05$

#### IV. 논 의

정적인 서기에서 가장 중요한 균형전략은 발목전략이다. 이러한 발목전략은 관절가동범위와 근력이 정상이어야 하며 사용할 수 있으며 지지면이 견고하고 작을 때 동요가 있는 상황에서 사용된다. 또한 발목전략에서 가장 중요한 근육이 장단지근과 전경골근이다(Shumway-cook과 wollacott, 2007). 이러한 장단지근의 지속적 스트레칭은 근육의 점탄성과 길이를 변화시켜 고유감각과 근력에 변화를 가져와 전방으로의 압력 이동에 영향을 미친것으로 보인다. 이 결과는 근육의 근건 조직 뻗뻗함 감소와 이상적인 근 길이의 변화가 원인일 수 있고 결국 근육이나 인대의 점탄성의 변화와 관련될 수 있다.

신경생리학적인 관점에서 지속적인 신전을 하는 동안 근육-힘줄 단위의 신전에 의해 발생하는 긴장을 모니터링하는 골지힘줄기관은 근방추의 일차 감각 신경원으로부터 오는 촉진성 신호를 제어하고 그 이후에 늘어난 근육의 수축성단위에서 긴장을 억제한다. 이와 같은 이유로 치료사들은 지속적인 스트레칭이 저강도에서 적용된다면 탄성적 스트레칭보다 더 적은 조직외상과 운동후근육통을 생성한다고 믿는다(Neumann, 2004).

스트레칭 직후에 신경근 특성에 미치는 효과에 대해서는 의견이 분분하며, Bahault 등(2010)의 연구에서는 15분의 정적 스트레칭과 수축-이완(CR) 스트레칭 이후 MVT와 가자미근의 RMS 값의 감소를 볼 수 있었다. 선행연구에서는 15명의 남자에게 1분간의 최대 배측굴곡 상태에서 정적인 스트레칭을 5회 실시한 후 근육힘줄연결 부위의 변화를 초음파를 이용하여 관찰한 결과 힘줄의 뻗뻗함보다 근육힘줄연결 부위의 뻗뻗함의 감소가 지속적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다(Nakamura 등, 2011). 이러한 근육힘줄연결 부위의 뻗뻗함의 변화는 힘의 전달에 영향을 미치고 힘 전달율과 근길이 변화율에 영향을 미친다.

다른 연구에서도 3분간 발목 스트레칭을 한 세션으로 16번을 실시한 후 결과를 관찰하였더니 최대전후 COP 움직임의 범위와 앞으로 COP이동에서 각각 통계적으로 유의한 차이가 있었다고 보고하였다(Nagano 등, 2006).

또한 이러한 결과는 스트레칭으로 인하여 발목관절 주변의 고유감각 입력이 변하였기 때문으로 생각할 수 있다(Larsen 등, 2005). 이렇게 스트레칭으로 인해 발생된 변화는 구심성 사지 근육반응이나 역학적 출력에 영향을 미치며 안정성에 대한 도전에 효과적으로 적응하는 능력에 영향을 미친다(Behm 등, 2004).

본 연구에서는 발의 전후에서는 압력에서 차이가 있었지만 좌우에서는 큰 차이가 없었다. 장단지근의 스트레칭은 발목관절주위의 몸의 전후 움직임과 연결되어 있어서 탈안정화 효과가 부여된 장단지근육은 좌우측이 앞뒤측에 직각으로 되어있어서 좌우측면에 적은 영향을 미친다는 Nagano 등(2006)의 연구와 동일한 결과를 보였다.

Hills 등(2001)은 선 자세에서 비만인들(obese groups)이 정상 체중인(non-obese groups)에 비해 발뒤꿈치와 중족부, 일부 중족골두 부분에서 높은 압력을 보였다고 했으며, 특히 비만인들은 중족부(mid-foot)의 압력은 정상체중인에 비해 남성은 7.7배, 여성은 3.1배 높게 나타났다. 또한 보행동안에도 비만인들은 높은정점압력(higher peak pressures)을 보였다.

체중은 거골을 하방으로 눌러 내측중아치를 편평하게 만드는 경향이 있다. 이러한 작용은 종골과 중족골

두 사이의 거리를 증가시키며 신장된 결합조직(특히, 저충근막의 심층섬유)에서 발생된 장력은 반탄력적인(semielastic)끈으로 작용하게 되어, 아치의 최저 하강만을 허락하게 된다. 반탄력적인 끈과 칸의 작용은 체중을 지지하고 흡수한다(Neumann, 2004). 정상인의 정적인 선 자세에서 근육은 발의 아치를 지지하는데 큰 역할을 하지 않는다. 하지만 근육의 긴장도 없이 수동적인 지지는 아치를 늘어나게 하고 발은 체중이 부하가 되면 회내가 증가된다(Kisner와 Colby, 2007). 본 연구에서는 좌우의 면적에서 차이를 보이지 않아 지속적인 스트레칭이 아치의 변화에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

이 연구를 통해서 지속적 스트레칭 직후 압력의 중심이 앞으로 쏠린다는 것을 알 수 있다. 이처럼 스트레칭 직후 자세조절에 문제를 야기하는 만큼 일반인이나 스포츠 선수 같은 사람들에게는 큰 문제가 되지 않겠지만 자세조절에 어려움을 가지고 있는 신경계 손상환자나 정형계 손상환자들에게 있어서는 지속적 스트레칭 후 이동 시 고려해야 할 만한 요소라 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 정상성인 28명을 대상으로 15분간의 지속적인 스트레칭을 적용하여 족저압과 족저면에 미치는 영향을 알아보았는데 눈을 감은 상태에서 족저면의 전후, 좌우의 변화는 유의하지 않았지만 족저압에서는 앞쪽으로 이동하는 양상의 유의한 차이를 보였다. 이 논문은 스트레칭 직후 시간에 따른 근육의 활성도를 측정하지 않아 스트레칭 직후의 변화에 대한 관찰이 어려웠다. 향후 연구에서는 근전도를 이용한 시간별 변화와 족저압의 관련성을 연구하여 치료에 도움을 주는 연구가 필요하리라 생각된다.

## 참고문헌

김도균, 고은혜, 이강성, 신현석. 시각적 정보와 내측

췌기 인솔의 높이 차이가 정상 성인의 슬관절 고유수용성 감각에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지 2005;12(1):22-2.

나영무, 이건철, 임길병, 이홍재. 뇌졸중 환자에서 시지각 바이오피드백 훈련이 좌위 균형에 미치는 효과. 대한재활의학회지 2003;27:164-172.

이규한, 박시복, 이상건, 이강목. 족저압 측정에 의한 정상인 Stance Phase의 분석. 대한재활의학회지 1996;20(2):524-531.

Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. J Sci Med Sport 2010;13(2):247-52.

Behm DG, Bambury A, Cahill F et al. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. Med Sci Sports Exerc 2004;36(8):1397-1402.

Bronstein AM, Hood JD, Gresty MA et al. Visual control of balance in cerebellar and parkinsonian syndromes. Brain 1990;113:767-779.

Hills AP, Hennig EM, McDonald M et al. Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. Int J Obes Relat Metab Disord 2001;25(11):1674-1679.

Kisner C, Colby L. Therapeutic exercise. 5rd. FA Davis; 2007. P.65-108.

Larsen R, Lund H, Christensen R et al. Effect of static stretching of quadriceps and hamstring muscles on knee joint position sense. Br J Sports Med 2005;39(1):43-46.

Lee KB, Park YH, Song EK et al. Static and dynamic postural balance after successful mobile-bearing total ankle arthroplasty. Arch Phys Med Rehabil 2010;91(4):519-522.

Nagano A, Yoshioka S, Hay DC et al. Influence of vision and static stretch of the calf muscles on postural sway during quiet standing. Hum Mov Sci 2006;25(3):422-434.

- Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y et al. Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. *J Orthop Res* 2011;29(11):1759-1763.
- Neumann AD. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Mosby; 2004. p.519-569.
- Radford JA, Burns J, Buchbinder R et al. Does stretching increase ankle dorsiflexion range of motion? A systematic review. *Br J Sports Med* 2006;40(10):870-875; discussion 875.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor control*. 3rd. Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p.157-185.
- Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA et al. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;23(6):348-352.

논문접수일(Date Received) : 2011년 12월 7일  
논문수정일(Date Revised) : 2011년 12월 12일  
논문게제승인일(Date Accepted) : 2011년 12월 28일

---