

젊은성인 엄지발가락가쪽힘증의 발허리발가락관절 각도와 엄지벌림근의 관계

강선영¹, 정성대¹, 김문환², 전해선³

¹연세대학교 대학원 물리치료학과, ²원주세브란스 기독교병원 재활의학과, ³연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과

Relationship Between Angle of Metatarsophalangeal Joint and Abductor Hallucis in Hallux Valgus

Sun-young Kang¹, Sung-dae Chung¹, Moon-hwan Kim², Hye-seon Jeon³

¹Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Yonsei University, ²Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Severance Christian Hospital, ³Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University, Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University

Purpose: The aim of this study was to investigate relationship between the angle of the first metatarsophalangeal joint (1st MPJ) and the dimensions of the abductor hallucis; dorso-plantar (DP) thickness, medio-lateral (ML) width, and cross-sectional area (CSA), in subjects with and without hallux valgus.

Methods: Sixty feet, mean (SD) age of 22.5 (2.1) years old, were included in this study (hallux valgus = 30; control = 30). An X-ray device was used for measurement of the angle of the 1st MPJ, and an ultrasound system was used for determination of mean (SD) DP thickness, ML width, and CSA of the abductor hallucis muscle in each foot from three trials.

Results: The results showed the DP thickness, ML width, and CSA of the abductor hallucis did not differ significantly between subjects with and without hallux valgus. In addition, the correlations between the angle of the 1st MPJ and DP thickness, ML width, and CSA of the abductor hallucis showed poor correlation (Pearson $r=-0.09$, -0.20 , and -0.18 , respectively).

Conclusion: Based on these findings, we speculate that morphological changes to the abductor hallucis muscle cannot be representative of the angle of the 1st MPJ, and also cannot be used in differentiation between subjects with and without hallux valgus.

Key Words: Abductor hallucis, Correlation, Hallux valgus, Ultrasound

1. 서론

엄지발가락가쪽힘증(hallux valgus: HV)이란 엄지발가락의 가쪽힘과 첫 번째 발허리뼈(metatarsal)의 내쪽힘으로 정의하며, 첫 번째 발허리발가락관절(first metatarsophalangeal

joint: 1st MPJ)의 안쪽에 융기(medial prominence)가 발생하는 대표적인 앞발의 변형이다.¹ 1st MPJ의 각도는 발허리뼈의 중간선(bisection line)과 몸쪽엄지발가락뼈의 중간선이 이루는 각도를 의미하며, 1st MPJ의 각도에 따라 정상(no deformity, 15° 미만), 경증 HV(mild, 15° 이상 20° 미만), 중증도 HV(moderate, 20° 이상 40° 미만), 중증 HV(severe, 40° 이상)로 분류한다.² HV는 남성보다는 여성에게서 흔히 발병하며 특히 앉아서 일하는 여성보다 선 자세에서 일하는 여성이 발생률이 높다.³ 이러한 HV는 선 자세 시 발목의 자세 불안정으로 인하여 낙상 위험을 증가시키며, 외향적인 문제 및 통증과 관련된 건강문제를

Received Mar 14, 2014 Revised Mar 31, 2014

Accepted Apr 9, 2014

Corresponding author Moon-hwan Kim, agafimu@hanmail.net

Copyright © 2014 The Korea Society of Physical Therapy
This is an Open Access article distribute 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.

초래할 수 있다.⁴

HV를 발생시키는 원인은 아직 명확하지 않지만 현재 보고되고 있는 것으로는 크게 외적요인, 내적요인으로 나눌 수 있다.⁵ 먼저 HV의 외적요인은 볼이 좁고 높은 굽의 신발 착용이며,^{6,7} 내적 요인으로는 첫 번째 발허리뼈의 길이가 정상보다 긴 경우, 첫 번째 발허리뼈의 머리부분이 방형(square)이 아닌 둥근(rounded) 모양 인 경우, 이분된 췌기뼈(cuneiform)의 모양, 첫 번째 발허리뼈와 췌기뼈를 포함하는 첫 번째 열(first ray)의 과도한 움직임(hypomobility) 그리고 엄지발림근(abductor hallucis muscle)과 엄지모음근(adductor hallucis muscle)의 근육 불균형(muscle imbalance)등이 있다.^{1,8-10}

엄지발림근은 발의 안쪽에 붙는 근육으로, 발꿈치뼈 용기(calcaneal tuberosity)부터 시작하여, 엄지발가락의 몸측 바닥면(base of the proximal phalanx)의 안쪽에 부착한다.¹¹ 엄지발림근은 1st MPJ의 벌림과 굽힘 그리고 뒷발의 뒤침(supination)을 야기하여 안쪽 세로발궁(medial longitudinal arch)을 유지하거나 증가시키는 역할을 한다.¹² 또한 엄지발림근은 선 자세나 보행의 디딤기(stance phase)시에 근활성도(muscle activity)가 크게 증가하면서 1st MPJ의 안정성을 제공한다.¹ 그러나 HV가 진행되면서 첫 번째 발허리뼈의 정렬이 안쪽 방향과 발바닥 측면으로 이동하게 되며, 엄지발림근의 부착점은 발꿈치뼈 용기로부터 멀어지게 되는 역학적 변화가 일어나기 때문에 엄지발림근의 기능적 약화가 발생된다.¹¹ 이러한 근육의 약화는 근육원섬유마디(sarcomere)의 감소를 가져오고 결국 근 위축(atrophy)을 초래하게 된다.¹³ 따라서 근육의 힘의 변화는 생리적으로 단면적과 비례하여 나타나게 된다.¹⁴

임상적으로 엄지발림근의 단면적을 측정하기 위하여 초음파 장비를 이용한다.¹⁵ 초음파는 자기공명영상과 함께 높은 신뢰도를 가지며, 연 조직(soft tissue)의 평가에 대한 높은 상관관계를 보인다.¹⁶ 발의 외재근과 내재근의 신경근계 문제를 평가하기 위해서, 초음파는 시각적인 근 위축을 관찰할 수 있는 장점뿐만 아니라, 근전도나 도수근력검사와도 높은 타당도를 보인다.¹⁷ 이전 문헌에서는 초음파를 이용하여 성별에 대한 배근육 두께의 상관관계를 연구하거나, 근육 두께의 차이와 정상 근육과 근육유발점의 밀도에 대한 비교연구를 실시하기도 하였다.^{18,19}

비록 이전 연구에서 HV의 진행에 따른 엄지발림근의 해부학적 변화 및 기능적 약화는 많이 알려져 왔지만, 1st MPJ 각도와 엄지발림근과의 관계에 대한 연구는 부족한

실정이다.^{11,12} 그러므로 본 연구의 목적은 초음파를 이용하여 정상군과 HV군의 두 그룹 간 엄지발림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께 및 안-바깥방향의 너비를 비교하고, 또한 1st MPJ 각도와 엄지발림근의 상관관계를 알아보고자 한다. 본 연구의 가설로는 엄지발림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께 및 안-바깥방향의 너비는 HV군이 정상군보다 작은 값을 보일 것이며, 1st MPJ 각도가 커짐에 따라 감소하는 경향을 보일 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2013년 9월부터 10월 동안 강원도 원주시 Y대학교 학생 30명 (남자 14명, 여자 16명) 을 대상으로 총 60개의 발 (오른발 30개, 왼발 30개) 을 측정하였다. 먼저 방사선 촬영을 통하여 1st MPJ의 각도를 측정 후, 1ST MPJ의 각도 15° 를 기준으로 두 그룹으로 분류하였다.²⁰ 1st MPJ의 각도가 15° 이상인 대상자 15명 (남자 7명, 여자 8명) 을 HV군으로 구성하였으며, 1st MPJ의 각도가 15° 미만인 대상자 15명 (남자 7명, 여자 8명)은 정상군으로 구성하였다. 연구대상자들의 우세발 (dominant foot) 은 모두 오른발로, 대상자 선정 시 발 또는 발목 관절의 골절, 수술력, 염증성 관절염, 신경근계 병변 그리고 무지외반증으로 인한 보조기 착용 및 수술을 받은 경험이 있는 사람은 본 연구에서 제외하였다. 본 실험의 연구자는 실험 실시 전에 연구대상자들에게 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명을 하였으며, 연구대상자들은 자발적으로 본 실험 참여에 동의하였다.

2. 실험방법

연구 대상자들은 1st MPJ의 각도를 측정하기 위해 방사선 촬영 장비(Diagnostic table-KOB, Donga X-ray, Anyang, Korea)의 테이블 위에서 바르게 선 후, 양쪽 발의 방사선 촬영을 실시하였다. 촬영된 영상은 Centricity PACS RA1000 (2.1.0 version, GE Healthcare Integrated IT Solutions, Barrington, USA) 소프트웨어를 이용하여 1st MPJ의 각도를 측정하였다(Figure 1). 방사선 촬영은 1회 실시되었으며, 이미지는 진단방사선과 전문의에게 의뢰하여 분석은 3회 실시되었고, 분석된 값은 평균과 표준편차로 산출하였다.

방사선 촬영 후, 초음파 장비(SonaAce X8, Medison Co Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 대상자들의 엄지발림근

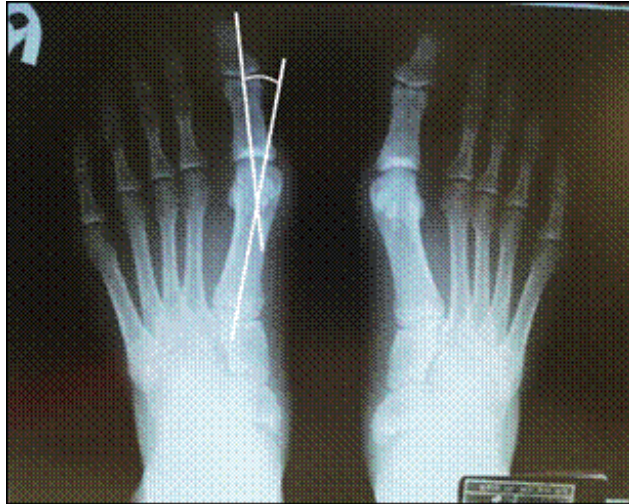


Figure 1.

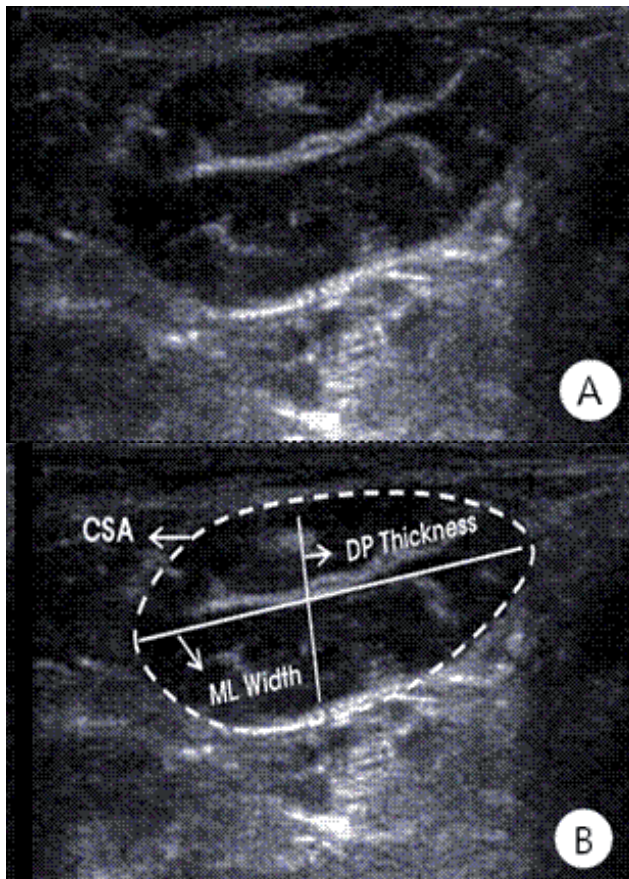


Figure 2.

단면적과 발등-발바닥방향의 두께 및 안-바깥방향의 너비를 측정하였다. 초음파 측정 시 대상자는 편안하게 앉은 상태에서 측정하고자 하는 무릎 아래에 수건을 두어

무릎관절을 15° 구부리게 하였다. 측정자는 대상자의 안쪽 복사뼈(medial malleolus)를 측진 한 뒤, 자를 이용하여 안쪽 복사뼈의 앞쪽 경계로부터 발바닥 방향으로 수직으로 선을 표시하였다. 측정자의 한쪽 손으로 대상자의 발목관절을 중립자세를 유지하게 하며, 다른 쪽 손으로 3 MHz 선형 탐침(linear array probe)을 이용하여 그려진 선 위에 직각으로 위치시켜 엄지별립근을 촬영했다.¹⁵ 측정자는 탐침에 최소한의 압력만을 가하여 근섬유들의 두께 및 구조의 변형을 최소화하였으며, 초음파 측정 시 가장 선명한 화면이 나타났을 때 화면을 정지시키고 이미지 파일로 저장하였다. 저장된 이미지는 초음파 장비의 화면으로 출력하여 화면상의 커서(cursor)를 이용하여 근육과 건막이 만나는 지점에 윤곽선을 그린 후, 내장된 캘리퍼를 이용하여 엄지발가락의 단면적과 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비를 측정하였다(Figure 2). 엄지별립근의 초음파 촬영은 각 대상자마다 오른발, 왼발 각각 3회 측정되었고, 각 측정마다 30초씩 휴식을 가졌으며, 측정값은 분석을 통하여 평균과 표준편차로 산출하였다.

3. 자료처리

측정된 값들이 정규분포를 보이는지 확인하기 위해 Shapiro-Wilk 검정이 사용되었으며, HV군과 정상군과의 결과값을 비교하기 위하여 독립 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 또한 1st MPJ의 각도와 엄지별립근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께 및 안-바깥방향의 너비 간의 상관관계를 확인하기 위하여 피어슨 상관분석(Pearson's correlation)을 사용하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였으며, 모든 통계분석은 상용 통계프로그램인 윈도우용 SPSS ver. 18.0을 사용하였다.

III. 결과

연구대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1). 엄지별립근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비는 HV군의 발 30개와 정상군의 발 30개 간 모두 유의한 차이가 없었다(각각 $p=0.52$, 0.67 , and 0.34)(Table 2). 또한 HV군 30개 발의 1st MPJ 각도와 엄지별립근의 단면적의 상관계수는 -0.18 ($p=0.08$)로 상관관계를 보이지 않았으며, 발등-발바닥방향 두께 및 안-바깥방향 너비 역시 각각의 상관계수는 -0.09 ($p=0.25$)과 -0.20 ($p=0.07$)로 상관관계가 거의 없었다(Table 3).

Table 1. General characteristics of subjects (N=30)

	Normal subject (n=15)		Hallux valgus subject (n=15)		P
	Mean ± SD*	Range	Mean ± SD	Range	
Age (yrs)	22.0 ± 1.9	20.0 ~ 28.0	23.0 ± 2.3	21.0 ~ 29.0	0.126
Height (cm)	168.2 ± 8.1	156.0 ~ 179.0	169.5 ± 9.4	153.0 ~ 181.0	0.262
Weight (kg)	64.8 ± 12.3	48.0 ~ 87.1	61.0 ± 10.9	42.0 ~ 86.0	0.443
Body mass index (kg / m ²)	23.4 ± 3.1	18.8 ~ 30.3	21.1 ± 2.7	15.6 ~ 29.4	0.640

*SD: standard deviation

Table 2. Group comparison of cross-sectional area, dorso-plantar thickness, and medio-lateral width between subjects with and without hallux valgus (N=60)

	Normal hallux (n=30)	Hallux valgus (n=30)	p
1st MPJ angle (°)	12.31 ± 1.76*	22.18 ± 3.81	0.000
Cross-sectional area (mm ²)	122.4 ± 30.49	116.33 ± 41.32	0.520
Dorso-plantar thickness (mm)	6.82 ± 1.00	6.69 ± 1.19	0.667
Medio-lateral width (mm)	21.01 ± 2.88	20.10 ± 4.31	0.343

*mean ± standard deviation,

N: a number of foot, MPJ: metatarsophalangeal joint

Table 3. Correlations between angle of metatarsophalangeal joint and cross-sectional area, dorso-plantar thickness, and medio-lateral width of abductor hallucis (N=60)

	Angle of metatarsophalangeal joint	p
Cross-sectional area	-0.18	0.081
Dorso-plantar thickness	-0.09	0.250
Medio-lateral width	-0.20	0.066

N: a number of foot

IV. 고찰

HV와 관련된 이전 연구에서는 HV가 진행되면서 첫 번째 발허리뼈의 역학적 변화에 따른 엄지벌림근의 기능적 약화를 언급했으며, 경증 HV 환자에게 엄지벌림근의 근력강화의 필요성을 언급했다.¹ 이에 본 연구는 HV군의 엄지벌림근의 기능 약화로 인한 근육 크기의 감소를 예상하여, 정상군과 HV군의 엄지벌림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비를 비교하였다. 그러나 본 연구의 가설과는 다르게 HV 유무에 따른 두 그룹 간 엄지벌림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비는 모두 유의한 차이가 없었다.

이와 같은 결과는 HV군의 엄지벌림근은 주기능인 벌림 기능이 약화되었지만, 부기능인 굽힘 기능의 사용으로 해석할

할 수 있다. 엄지벌림근의 해부학적 구조를 살펴보았을 때, 엄지벌림근은 발꿈치뼈용기에서 시작하여 발의 내측으로 이동하면서 안쪽 종자뼈(sesamoid bone)와 첫 번째 몸쪽 발가락의 아래 부분에 부착되며, 짧은엄지굽힘근(flexor hallucis brevis)의 안쪽힘줄과 엄지벌림근의 바깥쪽 섬유가 섞인다.²¹ 그래서 일부 문헌에서는 엄지벌림근의 주기능은 엄지발가락의 1st MPJ의 벌림이고, 부기능은 엄지발가락의 굽힘을 도와준다고 언급했다.²² 그러나 제1 발허리뼈는 내측 방향으로 이동하고 엄지발가락은 외측으로 향하는 HV가 진행됨에 따라, 안쪽 종자뼈는 외측으로 이동하며, 이와 함께 내측에 부착되어 있는 엄지벌림근은 발바닥 방향으로 이동된다.¹¹ 따라서 이와 같은 엄지벌림근의 해부학적 변화는 엄지벌림근을 주된 기능인 벌림 기능보다 부가적인 굽힘 기능을 증가시킬 가능성이 있다. 이전 연구를 살펴 보면,

엄지 별림근을 전기 자극했을 때 정상군보다 HV 대상자에서 엄지발가락의 굽힘이 유의하게 증가하였다고 보고하였고,²³ Arinci Incel의 근전도 연구에서 HV 대상자의 엄지별림근에서는 별림보다 굽힘 시에 2배 이상의 근 활성도를 보였다고 언급했다. 또한, HV 대상자는 보행 동안 엄지발가락에 체중이 옮겨지는 디딤기(stance phase)의 마지막 단계에서, 체중의 40% 도달하는 가장 높은 수치의 발바닥의 압력분포(plantar pressure)를 보였다는 이전 연구 결과가 있었다.²⁴ 즉, HV 대상자는 엄지발가락에 가중되는 체중 지지로 인하여, 더 큰 힘의 엄지발가락 굽힘의 힘이 필요로 하게 된다. 따라서 보행 시 대부분의 엄지발가락 굽힘의 힘을 생성하는 긴엄지굽힘근(flexor hallucis longus) 뿐만 아니라, 추가적으로 엄지별림근이 반복적으로 동원되었을 가능성이 높을 것으로 사료되며, 이러한 이유들로 인하여 정상인과 비교하였을 때, HV 대상자의 엄지별림근의 크기가 감소되지 않은, 본 연구의 결과가 나온 것으로 판단된다.

본 연구의 또 다른 목적으로, 1st MPJ 각도에 따른 엄지별림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비와의 상관관계를 보았으나, 그 결과에서도 상관관계는 거의 없었다. 최근 Stewart 등²⁵의 연구에서는 HV 대상자에게 맨체스터 척도(Manchester scale) 등급으로 분류하여, 각 등급 (정상, 경도, 중증도, 중증)마다 엄지별림근의 단면적을 비교하였는데, 본 연구와는 다르게 정상군과 HV군 사이에서 엄지별림근의 단면적의 유의한 차이가 있었다. 본 연구와 다른 결과를 보인 것은 첫째, 본 연구에서는 1st MPJ의 각도를 측정하기 위하여 'gold standard' 인 방사선 촬영을 이용하여 정상군과 HV군을 구분하였지만, Stewart 등²⁵ 연구에서는 발의 사진을 통하여 정상군과 HV군을 나누는 맨체스터 척도를 사용한 것이 다른 결과를 보인 원인이라고 사료된다. 둘째, 본 연구는 평균 22세 (범위 20~28세) 대상자로 구성되었지만, Stewart 등²⁵에서는 평균 60세 (범위 40~80세)로 대상자가 구성되었기 때문에 나이에 따른 신체조건의 차이와 20대와 60대의 HV의 발생된 원인의 차이로 앞서 두 연구에서는 다른 결과가 나타난 원인으로 판단된다. Stewart 등²⁵ 연구의 또 다른 결과로는 HV 등급 (경도, 중증도, 중증)간의 엄지별림근의 단면적은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 연구의 1st MPJ 각도가 증가함에 따라 엄지별림근의 단면적, 발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비 사이의 상관관계가 거의 없었던 본 연구의 결과와 일치하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 1st MPJ 변형된 각도를 통하여 HV 대상자들의 엄지별림근의 단면적,

발등-발바닥방향의 두께와 안-바깥방향의 너비를 예측하는 것은 적합하지 않다고 해석된다.

HV를 야기하는 원인은 서론에서 언급하였듯이, 내적, 외적 요인을 포함하여 다양하다. 그 중에서도 본 연구에서는 1st MPJ 각도와 초음파로 측정된 엄지별림근의 크기와의 상관관계를 알아보려고 하였다. 그 결과, HV군 내에서 1st MPJ 각도와 엄지별림근의 크기와의 상관관계는 낮았다. 이러한 결과는 HV가 엄지별림근의 문제 뿐만 아니라 다른 다양한 요인에 의해 발생할 수 있으며, 이러한 원인들이 1st MPJ 각도에 다각적으로 영향을 끼칠 수 있기에 나타날 수 있다고 사료된다. 또한 HV의 경우 해부학적으로 엄지별림근을 엄지 별림보다는 굽힘으로써 사용되고 있음을 보여주는 이전 연구를 바탕으로,^{1,23} 현재까지 HV의 치료적 방법으로 사용되는 엄지별림근의 근력 강화 운동 시, 굽힘 방향이 아닌 별림 방향으로 수행할 수 있도록 주의를 기울여야 한다고 제안한다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 본 연구에서 각 대상자마다 발의 길이와 너비가 측정되지 않아, 발의 크기가 근육의 크기에 영향을 미쳤는지 알 수 없다. 둘째, 본 연구의 결과를 해석하는데 있어, 실제로 HV대상자들이 열린 사슬(open chain)에서 엄지별림근이 별림의 기능보다는 굽힘을 기능을 한다고 보고하고 있지만, 보행과 같은 기능적인 활동 시 엄지 굽힘을 위한 엄지별림근의 사용여부에 대한 근거가 부족하다. 이후 연구에서는 실제로 HV 대상자들에게 보행과 같은 기능적 동작 시 근전도 검사를 통하여, 엄지 굽힘을 위한 엄지별림근의 사용을 확인할 필요가 있다. 또한 HV의 진행됨에 따라 해부학적 자세의 변형으로 영향을 받는 엄지별림근 이외의 다른 근육(엄지굽힘근, 엄지편근, 엄지모음근)들의 크기도 측정 되어야 할 것으로 사료된다. 마지막으로 본 실험에서는 20대의 연령에서 30명을 대상으로 60개의 발을 측정하였기 때문에 본 연구를 일반화하기에는 어려움이 있다. 추후 다양한 연령층과 많은 표본을 대상으로 초음파 연구가 필요하겠다.

참고문헌

1. Arinci Incel N, Genc H, Erdem HR at al. Muscle imbalance in hallux valgus: an electromyographic study. *Am J Phys Rehabil*. 2003;32(5):345-9.
2. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: Demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2007;28(7):759-77.
3. Choi GH, Park KY, Byun SJ at al. Study on angular correlation

- between hallux valgus and 1st mpj dorsi-flexion according to work type and age of woman, 2011;23(5):57-63.
4. Abhishek A, Roddy E, Zhang W et al. Are hallux valgus and big toe pain associated with impaired quality of life? A cross-sectional study. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2010;18(7):923-6.
 5. Lee YS, Kwon YS, Song JY et al. The effects of hallux valgus on angle plantarflexor and dorsiflexor torque. *J Korean Soc Phys Ther*. 2001;13(2):325-33.
 6. Cong Y, Tak-Man Cheung J, Leung AKL et al. Effect of heel height on in-shoe localized triaxial stresses. *J Biomech*. 2011;44(12):2267-72.
 7. Deschamps K, Birch I, Desloovere K et al. The impact of hallux valgus on foot kinematics: A cross-sectional, comparative study. *Gait Posture*. 2010;32(1):102-6.
 8. Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(6):932-66.
 9. Munuera PV, Domínguez G, Reina M et al. Bipartite hallucal sesamoid bones: Relationship with hallux valgus and metatarsal index. *Skeletal Radiol*. 2007;36(11):1043-50.
 10. Smith BW, Coughlin MJ. The first metatarsocuneiform joint, hypermobility, and hallux valgus: What does it all mean? *Foot Ankle Surg*. 2008;14(3):138-41.
 11. Brenner E. Insertion of the abductor hallucis muscle in feet with and without hallux valgus. *Anat Rec*. 1999;254(3):429-34.
 12. Fiolkowski P, Brunt D, Bishop M et al. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: An electromyography study. *J Foot Ankle Surg*. 2003;42(6):327-33.
 13. Sahrman S. *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. St. Louis, Mosby. 2002:16.
 14. Lieber RL. *Skeletal muscle structure, function, and plasticity : the physiological basis of rehabilitation*. 3th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins. 2010:203-6.
 15. Cameron AF, Rome K, Hing WA. Ultrasound evaluation of the abductor hallucis muscle: Reliability study. *J Foot Ankle Res*. 2008;1(1):12-8.
 16. Bembem MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *J Strength Cond Res*. 2002;16(1):103-8.
 17. Severinsen K, Andersen H. Evaluation of atrophy of foot muscles in diabetic neuropathy - A comparative study of nerve conduction studies and ultrasonography. *Clin Neurophysiol*. 2007;118(10):2172-5.
 18. Lim JH. Correlations of symmetry of the trunk muscle thickness by gender with the spinal alignment in healthy adults. *J Korean Soc Phys Ther* 2013;25(6):405-10.
 19. Kim MH, Kim SH, Kim HJ. Comparison of ultrasonography images on normal muscle and myofascial trigger points activated muscle. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(2):76-80.
 20. Garrow AP, Papageorgiou A, Silman AJ et al. The grading of hallux valgus. The Manchester Scale. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2001;91(2):74-8.
 21. Thomson SA. Hallux varus and metatarsus varus: a five-year study (1954-1958). *Clin Orthop*. 1960;16:109-18.
 22. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG et al. *Muscles: testing and function with posture and pain*. 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2005:512-3.
 23. Kim MH, Koh EK, Jung DY. Analysis of kinematic motions of first metatarsophalangeal joint during electrical stimulation of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(4):276-81.
 24. Kernozek TW, Elfessi A, Sterriker S. Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus. *J Am Podiatric Medical Association*. 2003;93(1-6):97-103.
 25. Stewart S, Ellis R, Heath M et al. Ultrasonic evaluation of the abductor hallucis muscle in hallux valgus: A cross-sectional observational study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;45(1):45.