

비만하지 않은 환자들에서 족저 근막염과 관련된 생역학적 인자

동아대학교 의과대학 재활의학교실

이종화 · 김상범 · 이경우 · 한동욱

Biomechanical Factors Associated with Plantar Fasciitis in Non-obese Patients

Jong Hwa Lee, MD, Sang Beom Kim, MD, Kyeong Woo Lee, MD, Dong Wook Han, MD

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Dong-A University College of Medicine, Busan, Korea

The purpose of this study was to identify the biomechanical factors that correlate with plantar fasciitis in non-obese patients whose body mass index were below 25 kg/m². The subjects were non-obese patients who were diagnosed as plantar fasciitis by clinical appearance, physical examination, and ultrasonographic findings (n=48), and non-obese control persons without clinical diagnosis of plantar fasciitis (n=30). The two groups were compared on fat pad thickness, ankle dorsiflexion range of motion (ROM), resting calcaneal stance position (RCSP), incidence of calcaneal spur, and calcaneal pitch. The results showed that, there were statistically significant differences between two groups in ankle dorsiflexion ROM, RCSP, and calcaneal pitch ($p < 0.05$). Multiple logistic regression analysis showed ankle dorsiflexion ROM and RCSP strongly correlated with presence of plantar fasciitis as independent predictors ($p < 0.05$). In conclusion, reduced ankle dorsiflexion ROM and negative RCSP (valgus tendency in rear foot) may be the biomechanical factors associated with plantar fasciitis in non-obese patients.

Key Words: Plantar fasciitis, Biomechanical factors, Non-obese patients

서 론

족저 근막염은 만성적인 후족부 통증을 유발하는 가장 흔한 질환들 중 하나이다. 과거 연구에서 전체 인구의 약 10%에 해당하는 사람들이 일생동안 이러한 족부 통증을 경험한다는 보고가 있었다¹⁾. 족부 통증 환자들 중 약 15% 가량은 전문적인

치료를 받아야 할 수준이며, 이로 인해 일상생활이나 스포츠 활동에 제한을 받는 경우가 생기기도 한다²⁾.

족저 근막염의 원인은 아직 명확하게 밝혀지지 않은 상태이며, 아마도 여러가지 인자들이 복합적으로 영향을 미칠 것으로 생각하고 있다. 기존의 연구들에서는 운동선수나 군인들과 같이 육체적인 활동이 많은 사람들에서 반복적인 마찰로 인한 미세파열(microtear)이 질병을 유발할 것이라고 생각하기도 하였다^{3,4)}. 하지만 주부나 학생, 사무직 근로자와 같이 활동량이 많지 않은 사람들의 상당수 역시 족부 통증을 호소하며 병원을 방문하고 있다. 지금까지의 연구들에서 결과들마다 다소 차이를 보이기는 하나, 체질량지수의 증가, 족관절 배굴 관절가동범위의 감소, 다리길이 차이 증가, 족저 지방 패드 두께 증가, 편평족, 요족, 종골 골극의 존재 등이 족저 근막염을

접수: 2010-9-8 수정: 2010-11-1 승인: 2011-1-17

책임저자: 김 상 범

602-712, 부산시 서구 동대신동 3가 1번지

동아대학교 의과대학 재활의학교실

Tel: 051-240-5690, Fax: 051-254-8511

E-mail: birddiver@freechal.com

이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

일으킬 수 있는 위험인자로 알려져 왔다^{4,5)}.

특히 많은 연구들에서 높은 체질량지수가 족저 근막염의 발병 증가에 매우 유력한 인자라고 하였다⁶⁾. Riddle 등⁷⁾은 일반인(non-athletic)을 대상으로 족저 근막염 발병 위험도를 비교한 연구에서 체질량지수가 25-30 kg/m²인 경우 2.0배의 비교위험도를, 30 kg/m² 이상인 경우 5.6배의 비교위험도를 가진다고 보고하였다. Prichasuk과 Subhadrabandhy⁸⁾는 체질량지수가 27 kg/m² 이상일 경우 족저 근막염의 발병 위험이 높다고 하였다. 또한 Ozdemir 등⁹⁾과 Rano 등¹⁰⁾ 역시 체질량지수가 높을수록 족저 근막염 발병과 유의한 상관 관계를 가진다고 보고하였다. 하지만 이와 같은 서양의 연구 결과와 달리 비만 인구가 상대적으로 많지 않은 한국과 같은 동양에서는 체질량지수가 낮음에도 불구하고 족부 통증을 호소하는 환자들을 자주 만나게 된다.

이에 본 연구에서는 체질량지수가 25 kg/m² 미만인 환자들을 대상으로 기존에 족저 근막염의 위험 인자로 알려져 있는 여러가지 인자들을 측정하고 비교하여 비만을 보이지 않는 환자에서 특히 영향을 미칠 수 있는 발병 원인들을 알아보려고 하였다.

연구 방법

1. 연구대상

후족부 통증을 주소로 외래를 방문하였으며, 임상양상, 이학적 검사 및 초음파 검사를 통하여 족저 근막염으로 진단된 환자들 중 체질량지수(body mass index)가 25 kg/m² 미만인 48명을 환자군으로 하였다. 체질량지수는 키와 체중을 각각 측정하고 체중을 키의 제곱으로 나눈값(kg/m²)으로 구하였다.

족저 근막염의 진단 기준은 다음의 세 가지 조건을 모두 만족시키는 경우로 정하였다. 첫째, 아침에 일어나서 첫 걸음을 디딜 때 혹은 오랫동안 앉아 있다가 걷기 시작할 때 발뒤꿈치에 강한 통증을 느끼는 경우, 둘째, 이학적 검사상 발뒤꿈치 바닥의 내측, 즉 족저 근위 1/4부위의 내측 종골 결절에 압통이 있는 경우, 셋째, 초음파영상 소견 상 족저 근막의 두께가 3.8 mm 이상으로 증가하였거나, 건측과 환측의 두께 차이가 1.0 mm 이상일 경우, 또는 족저 근막 부착부에 국소적 저음영이 관찰되는 경우이다¹¹⁾. 대조군은 족부 통증과 관련된 특별한 증상을 보이지 않으며, 체질량지수가 25 kg/m² 미만인 30명의 정상 성인을 환자군과의 연령과 성별을 고려하여 선정하였다.

관절염이나 통풍과 같은 전신 질환 및 이전의 족부 외상,

최근 3개월 이내의 비스테로이드성 소염제 복용, 스테로이드 주사, 족부 수술 등의 병력이 있는 경우 등은 연구 대상에서 제외하였다.

2. 연구방법

족저 근막염의 위험인자를 평가하기 위해 연구 대상자들의 족저 지방 패드 두께(fat pad thickness), 족관절 배굴 관절가동범위(ankle dorsiflexion range of motion), 휴지종골 입각각도(resting calcaneal stance position), 종골 골극(calcaneal spur)의 유무, 그리고 종골고(calcaneal pitch)를 측정하였다. 모든 검사는 검사자 사이에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위해 한 명의 숙련된 재활의학과 의사에 의해 이루어졌다.

1) 족저 지방 패드 두께

초음파 기계는 SONOLINE G60S[®] (Siemens Medical Solutions Inc., Malvern, PA, USA)를 사용하였으며, 7.5 MHz 선형 탐촉자를 이용하여 족저 지방 패드의 두께를 측정하였다. 피검자는 복외위를 취하고 슬관절을 신전시킨 상태에서 발을 검사침대의 가장자리에 걸쳐 놓은 자세를 유지하였다. 검사자는 초음파 탐촉자로 두 번째 발가락과 중족골을 연결하는 선상에서 종골의 하연을 기준으로 가장 두꺼운 부위의 두께를 측정하였다(Fig. 1)¹²⁾.

2) 족관절 배굴 관절가동범위

피검자는 복외위를 취하고 슬관절을 신전시킨 상태에서 발을 검사침대의 가장자리에 걸쳐 놓은 자세를 유지하였다. 피검자의 거골하관절(subtalar joint)을 중립 상태에 놓은 후 견고함이 느껴지는 관절범위의 끝지점(firm end point)까지 검사자가 최대한 족관절을 수동 배굴시켰다. 그런 다음, 각도를 족관절 외측과(lateral malleolus)를 축으로 하여 발목의 외측에 위치시킨 상태에서 관절가동범위를 측정하였다¹³⁾.

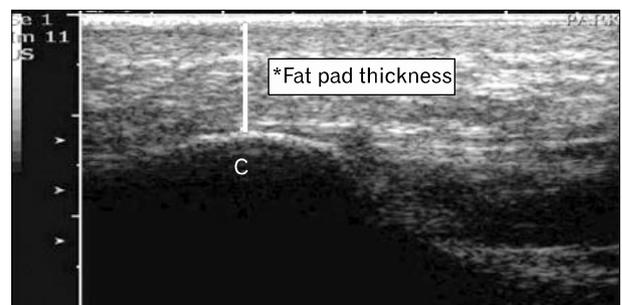


Fig. 1. The ultrasonographic image of fat pad thickness of a foot at the unloaded position.



Fig. 2. Participants were drawn a line connecting 3 points on the midline of rearfoot. And then the investigator recorded the resting calcaneal stance position with gravity goniometer.

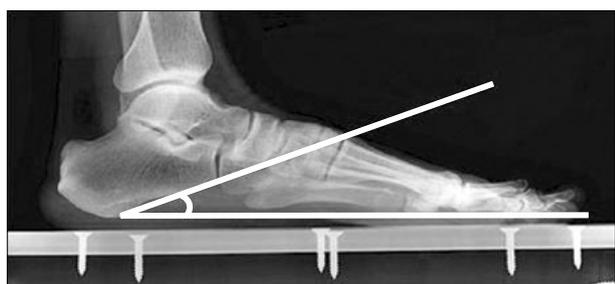


Fig. 3. The calcaneal pitch angle, represented by a line drawn from the plantar surface of the calcaneus to the inferior border of the calcaneus-cuboid and line drawn from the plantar surface of the calcaneus to the inferior surface of the 5th metatarsal head.

3) 휴지종골 입각각도

피검자를 복외위로 눕힌 후, 관상면에서 종골의 이등분점을 찍어 연결하는 이분법(bimanual technique)을 이용해 종골을 이등분하였다. 피검자를 각각의 보행각과 보행기저에 맞게 세운 후, 수직인 선과 종골의 이등분선이 이루는 각도를 측정하였다(Fig. 2)¹⁴⁾. 이렇게 측정한 각도에서 내반(varus) 성향을 보이는 경우를 양의 값, 외반(valgus) 성향을 보이는 경우를 음의 값으로 표기하였다. 측정의 객관성을 유지하기 위해 3회 반복 측정한 후 평균값으로 결과를 구하였다.

4) 종골 골극의 유무 및 종골고

종족궁을 볼 수 있도록 피검사자는 선 자세에서 측방향 촬영을 하였다. 카세트를 세워서 넣을 수 있도록 얇은 구멍이 뚫린 촬영대 위에 선 자세로 있게 하였으며 체중을 양발에 균등히 나누어 서고, 촬영할 방향의 필름면에 한쪽 발을 놓아 자연스러운 자세로 환자를 서있게 한 후, 제5 중족골의 저부가 필름의 중앙에 오도록 하고 중심 X선을 저부 바로 윗점을 향해 수직으로 입사하였다. 종골 골극의 유무는 종골 결절(calcaneal tuberosity)로부터 2 mm 이상 돌출된 골극의 유무를 기준으로 판정하였다⁸⁾. 종골고는 제1 중족골의 원위부와 종골

이 각각 지면에 접하는 가장 가까운 점을 서로 연결한 선을 기저선으로 삼고, 종골의 하연과 기저선이 이루는 각을 각 3회 반복 측정하여 얻은 평균값으로 구하였다(Fig. 3)¹⁵⁾.

3. 통계 분석

통계 분석을 위해서 윈도우용 SPSS ver 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 한글버전을 이용하였다. 환자군과 대조군에서 연령, 체질량지수, 족저 지방 패드 두께, 족관절 배굴 관절가동범위, 휴지종골 입각각도, 종골 골극의 유무 및 종골고의 차이는 각각 독립표본 T 검정을 이용하여 검증하였다. 또한 족저 근막염 발병과 위험인자와의 연관성을 평가하기 위해 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 통계학적인 유의성은 p값이 0.05 미만인 경우로 정의하였다.

결 과

환자군 중 남성은 12명, 여성은 36명이었으며, 평균 연령은 41.6세였다. 대조군 중 남성은 11명, 여성은 19명이었으며, 평균 연령은 38.7세였다. 평균 체질량지수는 환자군과 대조군에서 각각 23.8 kg/m²과 24.1 kg/m²이었다. 연령과 체질량지수에서 두 군간 통계학적인 차이는 보이지 않았다. 환자군에서 이환된 발은 우측이 27명, 좌측이 21명이었다(Table 1). 대상군의 직업은 일반 직장인, 학생 혹은 가정 주부 등으로 정도의 차이는 있으나 일상적인 범위 내의 활동을 하는 경향을 보였으며, 활동 정도가 과도하게 적거나 많을 수 있는 질환이나 직업을 가진 경우는 없었다. 초음파 검사상 환자군의 족저 근막 두께는 4.1±2.2 mm였으며, 환측과 건측의 족저 근막 두께 차이는 1.0±0.8 mm, 족저 근막 부착부에 국소적 저음영은 48명의 환자 중 13명에서 관찰되었다. 그 밖에 환자군에서 발의 구조적인 문제를 가진 경우는 요족이 3명, 무지외반증이 4명 관찰되었다.

환자군과 대조군의 평균 족저 지방 패드 두께는 각각 7.8 mm, 8.1 mm로 정상군에서 다소 두꺼운 경향을 보였으나,

Table 1. Demographic characteristics of subjects

	Plantar fasciitis group (n=48)	Control group (n=30)
Gender		
Male	12	11
Female	36	19
Age (y)	41.6±13.2	38.7±13.6
Body mass index (kg/m ²)	23.8±3.7	24.1±3.5
Affected foot		
Right	27	—
Left	21	—

Values are presented as number or mean±standard deviation.

Table 2. Comparison of biomechanical factors between plantar fasciitis group and control group

	Plantar fasciitis group (n=48)	Control group (n=30)
Fat pad thickness (mm)	7.8±2.4	8.1±2.8
Ankle dorsiflexion ROM (°)	12.5±4.7*	18.4±2.3
RCSP (°)	-3.4±1.1*	-0.8±1.8
Calcaneal spur	9/48 (18.8)	4/30 (13.3)
Calcaneal pitch (°)	18.0±4.2*	22.7±4.9

ROM: range of motion, RCSP: resting calcaneal stance position. Values are presented as mean±standard deviation or number (%). *p<0.05.

통계학적인 유의성은 관찰되지 않았다. 종골 골극은 환자군에서 9예(18.8%), 대조군의 경우 4예(13.3%)에서 관찰되었으며, 이들 역시 통계학적인 차이는 없었다. 반면 족관절 배굴 관절가동범위의 평균값은 환자군 12.5°, 대조군 18.4°로 측정되어 환자군에서 의미있게 족관절의 유연성이 저하되어 있음을 보여주었다(p<0.05). 휴지종골 입각각도의 경우 환자군은 -3.4°, 대조군은 -0.8°의 평균값을 보여, 환자군에서 유의하게 외반된 양상이 관찰되었다(p<0.05). 또한 평균 종골고는 환자군 18.0°, 대조군 22.7°로 측정되어 환자군의 족부 아치(arch)가 의미 있게 낮은 양상을 보였다(p<0.05) (Table 2).

로지스틱 회귀분석 결과에서는 환자군에서 대조군에 비해 족관절 배굴 관절가동범위가 작을수록 족저 근막염의 발병 가능성이 더 높은 것으로 나타났다(odds ratio [OR]=1.920, 95% confidence interval [CI]: 1.027-3.593, p=0.041). 또한 휴지종골 입각각도가 낮을수록 족저 근막염의 발병 가능성이 더 높은 것으로 나타났다(OR=5.608, 95% CI: 1.029-30.567) (Table 3).

Table 3. Estimated contributing factors of plantar fasciitis

Variables	p-value	OR	95% CI	
			Lower	Upper
Ankle dorsiflexion ROM	0.041*	1.920	1.027	3.593
RCSP	0.046*	5.608	1.029	30.567
Calcaneal pitch	0.056	2.137	0.981	4.657

OR: odd ratio, CI: confidence interval, ROM: range of motion, RCSP: resting calcaneal stance position. *p<0.05.

고 찰

족저 근막은 여러 층으로 나누어진 섬유조직의 강한 구조물로서 종골 결절의 내측 돌기에서 시작하여 가운데 두꺼운 부분과 양측의 약한 부분으로 구성되어 있고 원위부로 감에 따라 5개로 나뉘어 중족골 두부에 부채꼴로 연결된다¹⁶⁾. 족저 근막은 족저궁의 지지역할과 충격흡수 역할을 하는데 특히 보행 주기 중 발뒤축 접지기, 체중부하기, 전출기에서 중요한 역할을 한다¹⁷⁾. 이 족저부 근막 자체나 근막 주위 구조물에 염증이 있을 때를 족저 근막염이라 하며 조직학적으로 콜라겐 괴사, 섬유혈관 과증식, 콘드로이드 이형성, 석회화 등의 소견이 관찰된다¹⁸⁾.

족저 근막염을 유발하는 원인인자는 아직 명확히 규명되지 않았다. 지금까지 족저 근막염의 위험인자를 규명하기 위한 여러 연구들이 있었으나, 그 결과에서 다소 차이를 보이는 경우가 있었다. Rome 등¹⁹⁾은 만성 발뒤꿈치 동통이 있는 환자군에서 족저 지방 패드 두께 증가가 유의하게 관찰되었다고 보고하였다. 반면 Karabay 등²⁰⁾은 족저 근막염으로 진단받은 환자군과 정상 대조군을 대상으로 족저 지방 패드 두께를 비교한 연구에서 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서 환자군의 족저 지방 패드 두께가 대조군에 비해 얇은 경향을 보이기는 했으나, 양 군간 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 일반적으로 족저 지방 패드는 연령이나 체중이 증가할수록 두꺼워지면서, 유연성이 감소하여 충격흡수 기능이 떨어지는 것으로 알려져 있다²¹⁾. 따라서 본 연구에서와 같이 체질량지수가 높지 않은 환자들에서는 패드의 두께 증가가 뚜렷하지 않아 질환의 유발에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 향후 족저 지방 패드 두께의 영향에 대한 연구들은 환자의 활동성이나 체질량지수 및 연령 등을 충분히 고려한 상태에서 평가가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

Riddle 등⁷⁾은 제한된 족관절 배굴 관절가동범위가 족저

근막염의 가장 의미있는 위험인자라고 발표하였다. 또한 만성 발뒤꿈치 동통의 관련 인자에 대한 연구에서 Irving 등⁶⁾은 족관절 배굴 관절가동범위의 감소가 족저 근막염의 발병과 유의한 연관성이 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 환자군의 족관절 배굴 관절가동범위가 대조군에 비해 유의하게 감소한 양상을 보였으며(Table 2), 로지스틱 회귀분석 결과에서 이러한 제한이 질환의 발병과 유의한 연관관계가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 보통 시 족관절 배굴의 감소가 거골하관절(subtalar joint)의 비정상적인 회내(pronation)를 보상적으로 유발함으로써 족저 근막에 스트레스를 직접적으로 증가시킨다는 기존 이론에 부합하는 결과이다²²⁾. 그러므로 족관절 배굴 관절가동범위의 제한은 비만 유무와 상관없이 족저 근막염을 일으키는 위험인자 중 하나라고 생각할 수 있을 것이다.

Root²³⁾은 휴지종골 입각각도가 정지상태의 기립자세에서 후족부 각을 반영한다고 하였으며, 후족부 외반은 음(-)의 값으로, 내반은 양(+)의 값으로 표기한다고 하였다. 정상인의 휴지종골 입각각도는 연령에 따라 변하게 되는데, 출생으로부터 7년 이후에는 -2° - 2° 의 값을 유지하게 된다고 하였다. 본 연구도 이러한 연구에 기초하여 휴지종골 입각각도를 측정하고 결과, 환자군에서 대조군에 비해 보다 후족부 외반 성향이 강한 것으로 나타났다(Table 2). 또한 로지스틱 회귀분석 결과도 후족부의 외반 성향이 족저 근막염의 발생 가능성과 유의한 상관관계가 있음을 시사하였다(Table 3). 외반으로 인한 족저 근막염의 발생은 족저 근막에 직접 가해지는 인장변형(tensile strain)이 근막의 손상을 유발함으로써 이루어질 것으로 생각하고 있다. 그리고 그 밖에도 혈관 및 대사 기능 장애, 자유라디칼 형성 등 다양한 원인이 함께 관여할 것이라고 추측하고 있다²⁴⁾. 족관절 배굴 관절가동범위와 휴지종골 입각각도의 경우, 족관절 및 주변 구조물들의 유연성과 족골들의 구조적인 상호관계가 수준을 결정하는데 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 비교적 체질량지수의 정도에 영향을 덜 받으면서 질환을 유발하는 위험인자로 작용할 수 있으리라 여겨진다.

한편 종골 골극이 족저 근막염의 직접적인 원인인가에 대해서는 많은 논란이 있어왔다. Onuba와 Ireland²⁵⁾는 발뒤꿈치 통증이 있는 환자 중 약 70%에서 종골 골극이 관찰되었다고 보고하였으나, 다른 연구들에서는 증상이 없는 발에서도 골극이 관찰될 수 있으며, 족저 근막염 환자에서 오히려 관찰되지 않은 경우가 많아 족저 근막염의 특이 소견이 아니라는 보고도 있었다²⁶⁻²⁸⁾. 본 연구 결과에서 종골 골극의 유무는 양 군간 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(Table 2). 현재까지 골극 형성에 대한 정확한 원인은 밝혀지지 않았으나, 최근

연구에 따르면 골극은 기존에 흔히 생각했던 것과 같은 족저 근막에 의한 견인력보다는 근막에 수직으로 작용하는 외부 자극에 의해 발생하는 것으로 보고되고 있다²⁹⁾. 그러므로 체중이 무겁거나 활동량이 많아 자극에 노출되는 빈도가 높은 사람의 경우 위험요인으로 작용할 가능성이 더욱 높아질 것으로 생각한다. 반면 본 연구의 대상과 같이 체질량지수가 낮은 환자들에서는 직접적인 영향력이 상대적으로 적을 것으로 판단된다.

Prichasuk과 Subhadrabandhu⁸⁾은 편평족(pes planus)의 경향을 보일수록 종골고가 감소하며, 특히 종골하동통(subcalcaneal pain)이 있는 환자에서 의미있는 연관이 있다고 보고하였다. 본 연구에서 환자군이 대조군에 비해 종골고가 유의하게 감소한 결과를 보였다(Table 2). 하지만 로지스틱 회귀분석 결과에서는 의미있는 연관성이 관찰되지 않았다(Table 3). 따라서 종골고의 감소가 편평족에 따른 족부의 외반 성향과 연관이 있을 것으로 예상은 되지만, 비만하지 않은 환자들에서 직접적인 연관성을 나타내는 지표로서의 역할에는 의문이 제기되며, 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로 연구 대상의 직업적인 측면 및 활동 정도에 따른 영향을 충분히 고려하지 못한 부분이 있다. 또한 대상 환자수가 다소 적었으며, 대조군의 연령을 적절히 통제하지 못하여 나이에 따른 변수를 반영하지 못한 측면이 있다. 그리고 본 연구는 이미 족저 근막염 증상이 발현된 환자들을 대상으로 하였으므로, 여러가지 생역학적 인자들이 실제 족저 근막염의 유발요인일 수도 있지만 질환에 의해 2차적으로 유발된 결과물일 가능성을 고려해야 할 것으로 보인다. 향후 이러한 점들을 보완한 광범위한 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 생각한다.

이상의 연구 결과들을 정리해 보면, 체질량지수가 25 kg/m^2 미만인 환자들에서 족관절 배굴 관절가동범위가 감소해 있거나, 후족부의 외반 경향이 강할수록 족저 근막염의 발병과 높은 상관관계가 있었다. 반면 족저 지방 패드 두께, 종골 골극의 유무 및 종골고는 족저 근막염의 발병과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이러한 결과를 통해 비만하지 않으면서 지속적인 발뒤꿈치 통증을 보이는 족저 근막염 환자들의 향후 치료와 예방 계획 수립에 도움을 줄 수 있으리라 여겨진다.

참 고 문 헌

1. Crawford F, Atkins D, Edwards J. Interventions for treating plantar heel pain. Cochrane Database Syst Rev 2000;(3);

- CD000416.
2. Pfeffer G, Bacchetti P, Deland J, et al. Comparison of custom and prefabricated orthoses in the initial treatment of proximal plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 1999;20:214-21.
 3. Riddle DL, Pulisic M, Sparrow K. Impact of demographic and impairment-related variables on disability associated with plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2004;25:311-7.
 4. Buchbinder R. Clinical practice. Plantar fasciitis. *N Engl J Med* 2004;350:2159-66.
 5. Allen RH, Gross MT. Toe flexors strength and passive extension range of motion of the first metatarsophalangeal joint in individuals with plantar fasciitis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33:468-78.
 6. Irving DB, Cook JL, Menz HB. Factors associated with chronic plantar heel pain: a systematic review. *J Sci Med Sport* 2006;9:11-22.
 7. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for Plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:872-7.
 8. Prichasuk S, Subhadrabandhu T. The relationship of pes planus and calcaneal spur to plantar heel pain. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(306):192-6.
 9. Ozdemir H, Yilmaz E, Murat A, Karakurt L, Poyraz AK, Ogur E. Sonographic evaluation of plantar fasciitis and relation to body mass index. *Eur J Radiol* 2005;54:443-7.
 10. Rano JA, Fallat LM, Savoy-Moore RT. Correlation of heel pain with body mass index and other characteristics of heel pain. *J Foot Ankle Surg* 2001;40:351-6.
 11. Yoon K, Kim SB, Park JS. Ultrasonographic findings in plantar fasciitis. *J Korean Acad Rehabil Med* 2002;26:181-6.
 12. Uzel M, Cetinus E, Bilgic E, Ekerbicer H, Karaoguz A. Comparison of ultrasonography and radiography in assessment of the heel pad compressibility index of patients with plantar heel pain syndrome. Measurement of the fat pad in plantar heel pain syndrome. *Joint Bone Spine* 2006;73:196-9.
 13. Root ML, Orien WP, Weed JH, Hughes RJ. Biomechanical examination of the foot. Los Angeles: Clinical Biomechanics; 1971.
 14. McPoil TG, Schuit D, Knecht HG. A comparison of three positions used to evaluate tibial varum. *J Am Podiatr Med Assoc* 1988;78:22-8.
 15. Younger AS, Sawatzky B, Dryden P. Radiographic assessment of adult flatfoot. *Foot Ankle Int* 2005;26:820-5.
 16. Perelman GK, Figura MA, Sandberg NS. The medial instep plantar fasciotomy. *J Foot Ankle Surg* 1995;34:447-57.
 17. Brown C. A review of subcalcaneal heel pain and plantar fasciitis. *Aust Fam Physician* 1996;25:875-81;84-5.
 18. Snider MP, Clancy WG, McBeath AA. Plantar fascia release for chronic plantar fasciitis in runners. *Am J Sports Med* 1983;11:215-9.
 19. Rome K, Campbell R, Flint A, Haslock I. Heel pad thickness--a contributing factor associated with plantar heel pain in young adults. *Foot Ankle Int* 2002;23:142-7.
 20. Karabay N, Toros T, Hurel C. Ultrasonographic evaluation in plantar fasciitis. *J Foot Ankle Surg* 2007;46:442-6.
 21. Ozdemir H, Söyüncü Y, Özgörge M, Dabak K. Effects of changes in heel fat pad thickness and elasticity on heel pain. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004;94:47-52.
 22. Hill RS. Ankle equinus. Prevalence and linkage to common foot pathology. *J Am Podiatr Med Assoc* 1995;85:295-300.
 23. Root MI. Biomechanical examination of the foot. *J Am Podiatry Assoc* 1973;63:28-9.
 24. Wearing SC, Smeathers JE, Urry SR, Hennig EM, Hills AP. The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Med* 2006;36:585-611.
 25. Onuba O, Ireland J. Plantar fasciitis. *Ital J Orthop Traumatol* 1986;12:533-5.
 26. Williams PL, Smibert JG, Cox R, Mitchell R, Klenerman L. Imaging study of the painful heel syndrome. *Foot Ankle* 1987;7:345-9.
 27. Kwong PK, Kay D, Voner RT, White MW. Plantar fasciitis. Mechanics and pathomechanics of treatment. *Clin Sports Med* 1988;7:119-26.
 28. Osborne HR, Breidahl WH, Allison GT. Critical differences in lateral X-rays with and without a diagnosis of plantar fasciitis. *J Sci Med Sport* 2006;9:231-7.
 29. Li J, Muehleman C. Anatomic relationship of heel spur to surrounding soft tissues: greater variability than previously reported. *Clin Anat* 2007;20:950-5.