

족저 근막염 환자에서 체외 충격파 치료의 효과

동아대학교 의과대학 재활의학교실, ¹인창병원 재활의학과
김상범 · 이경우 · 이종화 · 김영동 · 윤기성¹ · 조양래

The Effect of Extracorporeal Shock Wave Therapy in Plantar Fasciitis

Sang Beom Kim, M.D., Kyeong Woo Lee, M.D., Jong Hwa Lee, M.D., Young Dong Kim, M.D., Kisung Yoon, M.D.¹ and Yang Lae Joe, M.D.

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Dong-A University College of Medicine, ¹Inchang Hospital

Objective: To evaluate the effect of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in plantar fasciitis with visual analog scale score and thickness of fascia by ultrasonography.

Method: The subjects consisted of 32 feet (24 patients) with established diagnosis of chronic plantar fasciitis, including 17 feet in the ESWT group and 15 feet in the control group. In the ESWT group, three session of ESWT (0.24 mJ/mm² FED, 1,200 impulse, weekly) were performed. The visual analog scale (VAS) score and thickness of the plantar fascia were measured by ultrasound before therapy and at the 6-week and 6-month follow-up. Patients in the control group were treated with medication, orthotics, physical therapy and exercise program. VAS and thickness of plantar fascia was evaluated at the same time as ESWT group.

Results: In the ESWT group, thickness of plantar fascia

decreased significantly at 6-week follow-up ($p < 0.05$) and 6-month follow-up ($p < 0.05$). Control group showed no significant difference at follow-up ($p > 0.05$). Visual analog scale score showed no significantly difference at 6-week follow-up ($p > 0.05$), but decreased at 6-month follow-up. On the other hand, in the control group, thickness of plantar fascia did not change significantly at 6-week follow-up ($p > 0.05$) and 6-month follow-up ($p > 0.05$). VAS score was not significant different at the 6-week follow-up ($p > 0.05$), but decreased at the 6-month follow-up ($p < 0.05$).

Conclusion: ESWT in plantar fasciitis is effective in relieving subjective pain and reducing thickness of plantar fascia at 6-month follow-up. (J Korean Acad Rehab Med 2009; 33: 333-338)

Key Words: Plantar fasciitis, Extracorporeal shock wave therapy, Ultrasonography

서 론

최근 여가생활이나 취미 활동 등의 레크레이션 활동이 늘어나면서 발의 통증 및 불편감을 호소하는 환자가 늘어나고 있다. 이러한 족부 통증을 일으키는 원인으로 족저 근막염, 아킬레스 건염 등의 여러 가지 원인들이 있다. 이중 족저 근막염은 휴식 후 운동을 시작할 때 통증을 일으키고 일상생활 동작 수행에 장애를 줄 뿐만 아니라 다른 사고를 유발하는 원인이 되기 때문에 치료가 필요하다. 달리기, 테니스, 농구 등 발목을 최대한으로 족저 굴곡 시키고, 동시에 중족지 관절을 신전시키는 행동이나, 뛰는 운동으로 인해 근

막에 반복적으로 스트레스가 가해져 발생하며, 운동선수들에서 주로 발생하나 최근 일반인의 유병률도 증가하는 추세이다.¹⁻⁶

이러한, 족저 근막염의 진단은 대개 병력 청취와 이학적 검사만으로 이루어져 왔다. 주된 증상은 기상 후 첫 보행시 나타나는 발바닥의 통증과 같은 특징적인 임상양상과 종골의 압통 및 내측 족부의 압통 등이 있다. 그러나, 최근에는 족저근막염 검사 방법으로 초음파 검사를 이용하는데, 이는 환자의 증상에만 의존하는 기존의 방법과 달리 객관적인 결과를 얻을 수 있고, 검사시 통증이 없고 안전하며 양측을 비교하기 쉽고 동적 검사가 가능하다는 장점이 있다.^{7,8} 족저 근막염의 치료로는 보조기, 깔창, 마사지, 국소 스테로이드 주사, 테이핑, 물리치료와 같은 보존적 치료가 주로 이용되고 필요한 경우 수술을 시행하고 있다.⁹ 최근 족저 근막염의 새로운 치료 방법으로 등장한 체외 충격파 치료는 여러 연구를 통해서 효과가 있다는 결과들이 발표되고 있으나,^{8,10} 그 효과에 대한 평가방법은 주로 환자의 주관적인 통증 변화 정도를 측정하는 것이 대부분이었다.^{11,12} 그러나 최근

접수일: 2008년 5월 13일, 게재승인일: 2008년 11월 20일
교신저자: 조양래, 부산시 서구 동대신동 3가
☎ 602-715, 동아대학교 의과대학 재활의학교실
Tel: 051-240-5691, Fax: 051-254-8511
E-mail: suezoe79@hanmail.net

이 논문은 2007학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)에 의하여 연구되었음.

임상적으로 치료 효과 판별에 초음파를 이용하기 시작하였고, 이미 Liang 등¹³과 Hammer 등¹⁴의 연구에서 초음파를 통해 족저 근막염의 두께 변화를 확인한 전례가 있었다.

이에 저자들은 족저 근막염 환자에서 체외 충격파를 시행한 후 초음파를 이용한 근막의 두께 변화 및 통증 강도의 변화를 통해 체외 충격파의 효과를 확인해 보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구 대상

2006년 7월 1일부터 2007년 7월 1일까지 족부 통증을 주소로 본원 재활의학과 외래를 방문한 환자 중 임상 양상 및 이학적 검사, 방사선 검사, 초음파 검사를 시행한 후 족저 근막염으로 진단된 환자의 발 32족을 선별하였다.

다음과 같은 세가지 소견을 모두 보이는 경우 대상군으로 선정하였다. 첫째, 아침에 일어나서 첫 걸음을 디딜 때 발뒤꿈치에 강한 통증을 느끼는 증상, 오랫동안 앉아 있다가 걷기 시작할 때 통증과 강직이 발생하는 증상이 있었고, 중족지 관절을 배굴 시키면 통증이 유발된 경우. 둘째, 이학적 검사상 발뒤꿈치 바닥의 내측, 즉 족저 근위 1/4부위의 내측 종골 결절에 압통이 있는 경우. 셋째, 초음파 검사에서 족저 근막의 두께가 3.8 mm 이상 증가 하였거나, 한쪽에만 통증이 있는 경우 양측의 두께 차이가 1.0 mm 이상이거나, 또는 족저 근막의 국소적 저음영이 있는 경우.¹⁰ 이 중 체외 충격파 치료에 동의한 17족을 ESWT군으로 선정, 동의하지 않은 15족을 대조군으로 선정하였다. 두 군에서 연령, 체중, 체질량지수, 이환기간, 족저 근막의 두께 등에서 통계학적인 차이는 발견되지 않았다(Table 1).

통풍이나 류마티스 같은 전신질환, 이전의 족부 외상, 선천성 질환인 환자는 연구 대상에서 제외 하였다. 일반적으로 체외 충격파 치료의 금기로 알려진 어린이, 임신부, 심장 박동 조절기 착용자, 임플란트 치료를 받은자, 또한 족부 기형 환자, 건파열 환자, 치료 부위에 악성변형이 있는 경우, 혈액 응고 질환자 등은 ESWT군에서 제외하였다.^{13,14}

Table 1. General Characteristics of Subject

	ESWT group	Control group	Total
Number (feet)	17	15	32
Gender (male/female)	10/7	9/6	19/13
Age (years)	44.1±10.1	42.0±14.6	43.9±12.5
Duration of disease (months)	11.2±2.2	10.1±2.4	10.9±2.2
Follow-up time (months)	8.53±1.9	8.81±1.2	8.60±1.8

The values are mean±standard deviation

2) 연구 방법

(1) 체외 충격파 치료: 체외 충격파 치료는 수중 전극방식 (electrohydraulic shock wave generation)의 Evotron[®] (SANU-WAVE Inc, Atlanta, USA) 단일 기종을 사용하였고 치료 전 초음파를 통해 환자의 족저 근막 두께의 변화를 확인하였다.^{7,8} 국소 마취제를 투여 하지 않은 상태에서 수직으로 15 mm 깊이에 0.24 mJ/mm²의 에너지를 분당 180회의 속도로 1,200회를 시행하였고, 총 치료 횟수는 1주일 간격으로 3차례 시행하였다. 이와 같은 방법은 Rompe 등¹⁰과 Gollwitzer 등¹⁵의 연구에서 이미 검증된 방법으로, 건 파열과 같은 부작용을 최소화 하면서, 최적의 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

치료 후 약 20분간의 침상 휴식 후 일상 생활에 복귀하였고, ESWT군과 대조군 모두 치료를 시행하는 3주간은 달리기, 등산과 같은 족저 압력을 높이는 운동은 삼가 하였다. 대조군은 가벼운 운동 치료, 보조기, 깔창, 마사지, 테이핑 요법, 물리치료 등과 같은 보존적 치료를 시행하였다.

(2) 초음파 소견의 평가: 모든 검사는 한 명의 재활의학과 의사가 한가지 기계인 HDI 5000 (Advanced Technology Laboratorier, Bothell, USA)를 사용하였으며 7~15 MHz 선형 탐촉자로 시행하였다.

ESWT군에서 초음파 검사는 치료 직전, 치료 종료일로부터 6주 후 및 6개월 후에 시행하였다. 초음파 결과의 오차를 최소화 하기 위해 족저 근막 두께 측정 시 각 시행 마다 3차례 계측을 하여 그 평균값을 사용하였다. 피검자는 복와위를 취하고 슬관절을 신전 시킨 상태에서 발을 검사침대의 가장자리에 걸쳐 놓은 자세를 유지하였다. 검사자는 초음

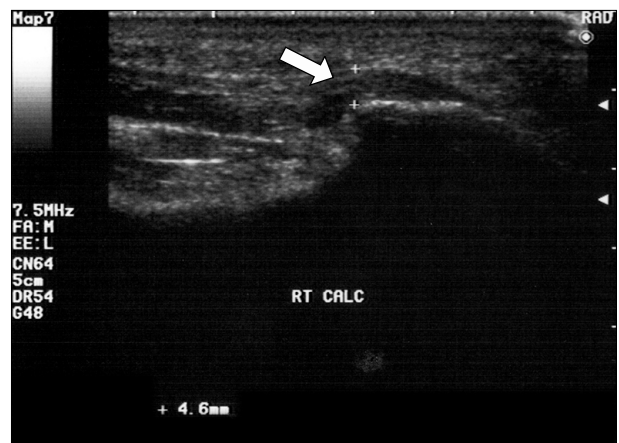


Fig. 1. Ultrasonographic finding of plantar fasciitis: an ultrasonographic examination performed before ESWT and checked thickness of the plantar fascia (1) Sagittal heel ultrasonogram of a 42-year-old man who had a clinical diagnosis of right plantar fasciitis. The proximal plantar fascia of right foot was thickened and hypoechoic.

파 탐촉자로 두 번째 발가락과 중족골을 연결하는 선상에서 중족골의 근위부 끝에 위치한 족저 근막을 확인하고¹⁶ 근막의 두께와 골극의 형태 변화, 염증여부 등을 확인하였다. 대조군에서도 ESWT군과 동일한 방법으로 같은 시기에 검사를 실시하였다(Fig. 1).

(3) 통증 평가: 환자가 느끼는 주관적인 통증의 척도는 시

-< ESWT sheet >

1. Dx :		
#1:		
2. Pain site :		
#1:		
3. Previous Tx (inj, insole..)		
#1:		
#2:		
4. ESWT Tx method		
# Cycle : ()차		
# Site :		
# Depth :		
# Frequency:		
# Total:		
# VAS score :		
pre-Tx:	intra-Tx:	post-Tx:
5. Other Tx		
# Insole		
# Injection		
# Medication		
6. F/U date:		

Fig. 2. Pre-procedure questionnaire: pre-treatment evaluation form. Data collected included diagnosis, site of pain, previous treatment received, and pain rating using a VAS.

각상사척도(visual analog scale)로 측정하였다. ESWT군에서 ESWT시행 직전, 치료 종료일부터 6주 후 및 6개월 후에 외래 경과 관찰과 함께, 설문지를 통한 시각상사척도를 이용하여 통증 정도를 확인하였다. 대조군은 ESWT군과 동일한 방법으로 같은 시기에 실시하였다(Fig. 2).

통계분석을 위해서 윈도우용 SPSS 15.0 프로그램을 이용하였다. ESWT군과 대조군에서 초음파로 확인한 족저 근막의 두께와 시각 상사 척도를 비교 하였으며, Wilcoxon test를 이용하였다. 통계적 유의수준은 p값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1) 치료 전 후의 초음파 소견

ESWT군의 경우 체외 충격파 치료 전 4.65±0.15 mm에서, 치료 6주 후에는 4.31±0.29 mm로 감소하여 통계학적으로 유의한 변화가 관찰되었고(p<0.05), 치료 6개월 후에는 4.18±0.53 mm로 감소하여 통계학적으로 유의한 변화가 관찰되었다(p<0.05)(Fig. 3).

대조군에서는 보존적 치료 전 4.57±0.53 mm에서, 치료 6주 후에는 4.48±6.1 mm로, 치료 6개월 후에는 4.44±0.37 mm

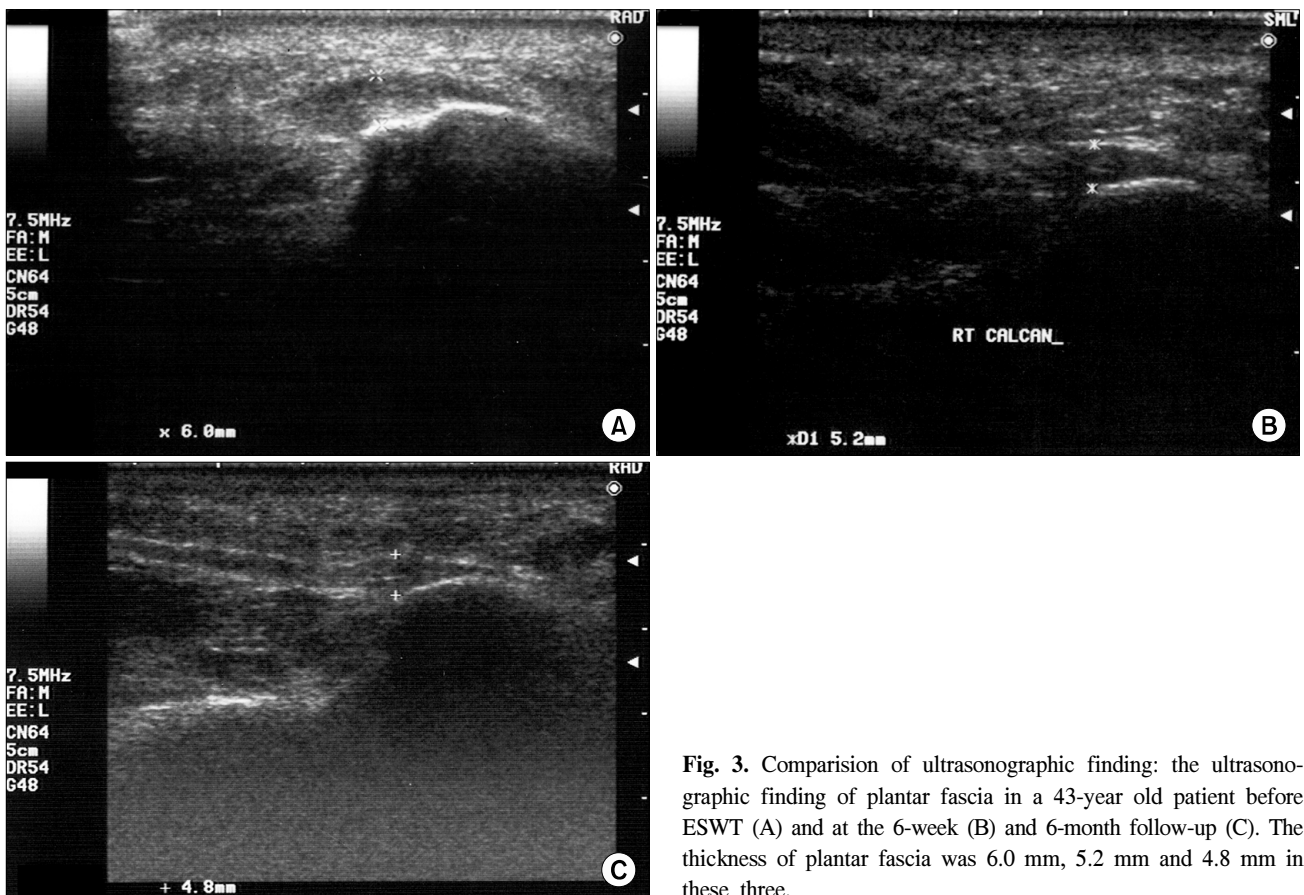


Fig. 3. Comparison of ultrasonographic finding: the ultrasonographic finding of plantar fascia in a 43-year old patient before ESWT (A) and at the 6-week (B) and 6-month follow-up (C). The thickness of plantar fascia was 6.0 mm, 5.2 mm and 4.8 mm in these three.

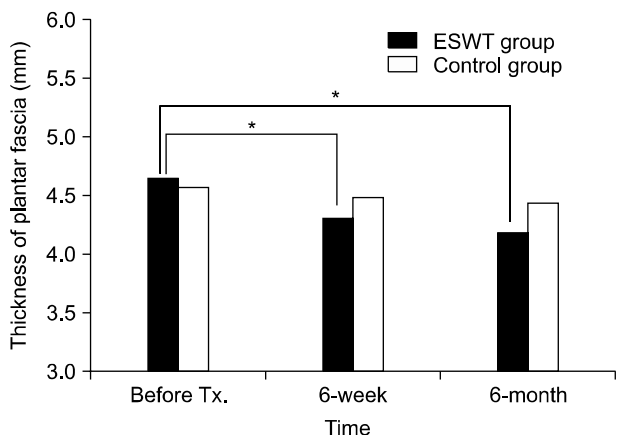


Fig. 4. Comparison of the thickness of plantar fascia between the ESWT group and control group: the thickness of plantar fascia was measured by ultrasonography before ESWT, and at the 6-week and 6-month follow-up. * $p < 0.05$.

로 두 시기 모두에서 치료 전과 비교하여 유의한 변화가 관찰되지 않았다.

치료 6개월 후 두 군에서 변화의 정도는 ESWT군에서 0.48 ± 0.09 mm, 대조군에서 0.12 ± 0.08 mm로 나타났으며, ESWT군에서 대조군에 비해 통계학적으로 의미 있는 변화가 관찰되었다($p < 0.05$)(Fig. 4).

2) 치료 전 후의 통증 변화

ESWT군의 경우 체외 충격과 치료 전 6.53 ± 0.72 에서, 치료 6주 후에는 6.41 ± 0.39 , 치료 6개월 후에는 4.71 ± 0.95 로 치료 전과 비교하여 두 시기 모두에서 의미 있게 감소하였다($p < 0.05$).

대조군에서는 보존적 치료 전 6.46 ± 0.62 에서, 치료 6주 후에는 6.33 ± 0.26 로 유의한 변화가 관찰되지 않았으나, 치료 6개월 후에는 5.93 ± 0.62 로 의미 있게 감소하였다($p < 0.05$).

치료 6개월 후 두 군에서 변화의 정도는 ESWT군에서 1.82 ± 0.22 , 대조군에서 0.54 ± 0.16 로 나타났으며, ESWT군에서 대조군에 비해 통계학적으로 의미 있는 변화가 관찰되었다($p < 0.05$)(Fig. 5).

고 찰

본 연구에서는 이전에 다양하게 시행되었던 연구들이 저 에너지 체외 충격과 치료를 족저 근막염에 시행하고, 단순히 주관적 통증만으로 그 효과를 판별하거나, 대조군 없이 초음파 소견만으로 연구 결과를 확인한 사례에서 발전하여, ESWT군과 대조군 모두에서 주관적인 통증과 초음파 소견을 확인하여 그 차이를 확인하고자 하였다.

체외 충격과 치료를 이용하여 족저 근막염을 치료한 연구들은 이전부터 다양하게 있었다. Ogden 등¹⁷은 족저 근막

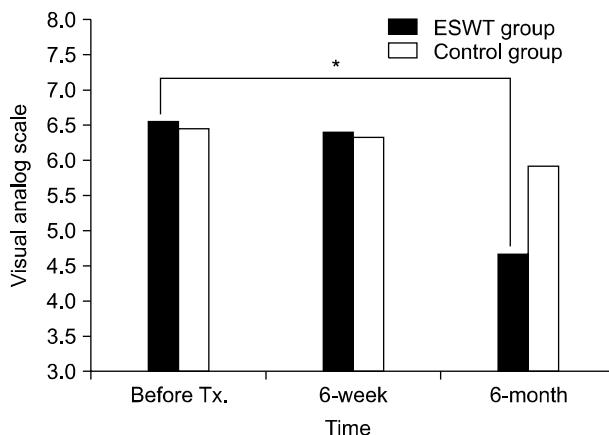


Fig. 5. Comparison of the Visual analog scale (VAS) score between the ESWT group and control group before ESWT, and at the 6-week and 6-month follow-up. * $p < 0.05$.

염 환자에서 0.22 mJ/mm²로 체외 충격과 치료를 시행한 후 1년간 추적 관찰한 실험에서 위약을 투여한 대조군에 비해서 시각상사척도의 감소가 뚜렷함을 발표하였다. Wang 등¹⁸은 체외 충격과 치료를 시행한 군과 대조군을 대상으로 한 연구에서 치료 전에 비해 치료 후에 주관적으로 느끼는 통증의 호전이 있었다고 발표하였고, Liang 등¹³은 족저 근막염 환자에서 0.12 mJ/mm²와 0.56 mJ/mm²의 두 가지 에너지 밀도를 적용하여 체외 충격과 치료를 시행하여 6개월 동안 추적 관찰한 실험에서 고 에너지 밀도를 가진 군에서 더 효과가 있었지만, 부작용도 더 많았다고 발표하였다.

이전의 여러 연구 결과를 바탕으로, 본 연구에서는 족저 근막을 대상으로, 수중 전극 방전식의 0.24 mJ/mm²의 저 에너지 충격과를 수 차례 나누어 치료하였다. 수중 전극 방전식은 극히 짧은 시간 내에 급격히 상승했다가 서서히 떨어지는 압력파장의 전형적 형태를 갖는 충격과 발생 방식으로 실험실 연구 결과 부작용이 적고 효과가 가장 좋은 것으로 알려져 있으며,¹⁷ 저 에너지의 체외 충격과 치료는 고 에너지를 사용한 경우에 비해서 치료 시 국소 마취가 필요없고, 고 에너지 체외 충격과 치료에서 나타날 수 있는 건염, 건과열이나 혈관손상을 예방 하는 것으로 알려져 있다.¹⁹ 또한, 저 에너지를 사용함으로써 고 에너지 사용에서 나타나는 치료 자체의 통증으로 인해 환자들의 순응도가 낮아지거나, 환자가 치료에서 중도 탈락하는 현상을 방지할 수 있다. 하지만, 저 에너지 치료의 경우 치료 부위에 전달된 총 에너지를 고 에너지 체외 충격과 치료와 동일하게 유지하기 위해 수 차례 나누어 치료를 시행해야 하는 단점이 있다.

실험 결과 객관적인 족저 근막의 두께를 측정된 초음파 소견의 경우 단기적이든 장기적이든 ESWT군이 대조군에 비해 통계학적으로 의미 있는 감소가 관찰됨을 알 수 있었고, 주관적인 통증 정도를 나타내는 시각상사척도는 단기적으로 ESWT군과 대조군 모두에서 의미 있는 감소가 보이

지 않고, 장기적으로는 두 군에서 모두 의미 있는 감소를 보였으며, 두 군간의 비교에서 ESWT군이 대조군보다 통계학적으로 유의하게 확인한 통증의 감소가 있었다. 이러한 변화는 이전 여러 연구들에서 족저 근막의 두께와 통증 강도의 변화가 있었던 결과와는 조금 다른 양상을 보인다. 일반적으로 체외 충격파 치료의 효과는 치료 후 통증이 즉각적으로 감소하는 양상을 보이는 것으로 알려져 있다.^{9,11} 하지만, 본 연구에서는 체외 충격파 치료의 효과는 단기적으로는 통증의 원인이 되는 족저 근막의 비후에만 효과가 있고, 통증 그 자체에는 유의한 효과를 나타내지 못했으나, 장기적으로 족저 근막의 비후뿐만 아니라 통증의 감소를 동반하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 족저 근막의 치유 양상에 관계되는 생리학적인 기전에 의한 것으로 생각한다.

족저 근막의 비후 변화는 다음과 같다. 장기간 족저 근막염에 이환되면 족저 근막의 혈관 위축 및 혈행 감소가 지속되나, 체외 충격파 치료를 통해 신생혈관생성이 증가되고 혈류가 증가하여 조직이 재활성화 됨으로서 족저 근막염 증의 초기 안정화가 이루어져 근막의 비후가 감소된 것으로 생각된다.²⁰ 본 연구에서 치료 6개월 후 초음파 검사에서 측정된 두께가 6주 후에 측정된 것에 비해 더욱 감소한 소견을 확인 할 수 있었는데, 이는 Liang 등¹³의 연구에서도 기술 하였듯이 체외충격파 치료 6주 후부터 24주 사이에 족저 근막이 안정화가 완성되므로 6개월째에 현저한 비후의 감소를 볼 수 있는 것으로 사료된다.

통증 감소기전은 다음과 같이 생각된다. 체외 충격파 치료로 인한 프로스타글란딘 E2 (Prostaglandin E2), P물질 (Substance P), 키닌(Kinin) 등과 같은 강력한 통증 물질의 분비로 인해 치료 시 심한 통증을 유발하고,^{12,21} 이러한 자가 통증 물질은 치료 후 24~48시간까지 지속적으로 증가한 후 1~8주까지 서서히 감소되어 치료 전 농도로 회복되는 양상을 보인다.¹⁸ 이러한 기전으로 인해 치료 6주 후에는 치료 전에 비해 통증 물질 농도가 여전히 높은 상태로 유지되어 시각 상사 척도에서도 유의한 변화를 가지지 못한 것으로 풀이된다. 6주 이후에는 족저 근막이 안정화 되어 자가 통증 물질의 농도가 정상치로 회복되고, 또한 체외 충격파 치료로 인해 국소 성장인자(local growth factor)와 조혈모세포 동원(stem cell recruitment)이 증가하여 족저 근막의 염증 반응이 사라져 근막의 재조직화(reorganization)가 발생하게 된다.^{14,22} 따라서 치료 6개월 후 ESWT군에서는 족저 근막에서 통증을 일으키는 요소들이 제거되어 시각상사척도가 감소된 것으로 생각한다.

반면, 대조군에서는 보존적 치료 6개월 후 시행한 초음파 상에서는 의미 있는 변화가 나타나지 않았으나, 시각적 상사척도에서 통증이 감소된 양상을 보인다. 이것은 이전 많은 연구 결과에서와 같이 가벼운 운동 치료, 보조기, 깔창, 마사지, 테이핑 요법, 물리치료 등의 보존적 치료가 족저 근

막염에서 통증을 줄여주는 효과가 있음을 간접적으로 보여주었다.⁹ 그러나 결과에서도 나타난 바와 같이 장기적인 치료 효과를 비교해보면, 시각상사척도로 측정된 통증의 절대값 및 치료 전과 비교한 변화 정도가 ESWT군이 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 변화가 있음을 확인할 수 있었다.

이번 연구는 대상자 수가 32족으로 적었고 대조군이 일률적으로 동일한 치료를 시행하지 않았다. 치료를 전혀 하지 않은 환자를 대조군으로 선정하여 연구를 진행하면 조금 더 정확하고 가시적인 변화 정도를 확인할 수 있었겠지만, 본 연구는 치료를 위해 내원한 외래 환자들을 대상으로 진행되어 윤리적인 측면상 모든 대상자에서 직간접적으로 치료를 시행하게 되었다. 또한, 대조군에서 보존적 치료에 대한 순응도가 떨어지거나, 치료 과정에서 대체 의학적 치료를 시행하는 등 완벽하게 통제 되지 않았다. 그 외에, 초음파 검사의 단점인 주관적 편견이 개입 될 수 있었다. 향후 이러한 문제점을 보완하여 광범위한 환자군을 대상으로 장기적인 추적관찰이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

만성 족저 근막염을 가진 환자들에서 저 에너지 체외 충격파 치료의 적용은 단기적으로 통증 자체의 감소에는 효과가 없으나, 통증 유발 요인인 족저 근막의 비후를 감소시키는 효과가 있음을 초음파를 통해 확인 할 수 있었고, 장기적으로는 뚜렷한 족저 근막 비후 감소 및 염증의 감소를 통한 통증 경감에 효과적임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Baxter DE. The heel in sports. Clin Sports Med 1994; 13: 683-693
- 2) Brown CH. A review of subcalcaneal heel pain and palntar fsciitis. Aust Fam Physician 1996; 25: 875-885
- 3) Carnal E, Chhem RK, Beauregard CG, Aubin B, Pelletier M. Plantar fasciitis. sonographic evaluation. Radiology 1996; 201: 257-259
- 4) DeMaio M, Paine R, Mangine RE, Drez D Jr. Plantar fasciitis. Orthopedics 1993; 16: 1153-1163
- 5) Kibler WB, Geldberg C, Chandler TJ. Functional biomechanical deficit in running athletes with plantar fasciitis. Am J Sports Med 1991; 19: 66-71
- 6) Perelman GK, Figura MA, Sandberg NS. The medial instep plantar fasciotomy. J Foot Ankle Surg 1995; 34: 447-457
- 7) Yoon KS, KIM SB, Park JS. Ultrasonographic findings in plantar fasciitis. J Korean Acad Rehab Med 2002; 26: 182-186
- 8) Ogden JA, Alvarez RG, Marlow M. Shockwave therapy for chronic proximal plantar fasciitis: a meta-analysis. Foot Ankle Int 2002; 23: 301-308

- 9) Schepsis AA, Leach RE, Gorzyca J. Plantar fasciitis etiology, treatment, surgical results, and review of the literature. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 226: 185-196
- 10) Rompe JD, Schoellner C, Nafe B. Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84: 335-341
- 11) Hammer DS, Rupp S, Kreutz A, Pape D, Kohn D, Seil R. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 309-331
- 12) Boddeker R, Schäfer H, Haake M. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in the treatment of plantar fasciitis-a biometrical review. *Clin Rheumatol* 2001; 20: 324-330
- 13) Liang HW, Wang TG, Chen WS. Thinner plantar fascia predicts decreased pain after extracorporeal shock wave therapy. *Clin Orthop Relat Res*. 2007; 460: 219-225
- 14) Hammer DS, Adam F, Kreutz A. Ultrasonographic evaluation at 6-month follow-up of plantar fasciitis after extracorporeal shock wave therapy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005; 125: 6-9
- 15) Gollwitzer H, Diehl P, von Korff A, Rahlfs VW, Gerdesmeyer L. Extracorporeal shock wave therapy for chronic painful heel syndrome: a prospective, double blind, randomized trial assessing the efficacy of a new electromagnetic shock wave device. *J Foot Ankle Surg* 2007; 46: 348-357
- 16) Tsai WC, Chiu MF, Wang CL, Tang FT, Wong MK. Ultrasound evaluation of plantar fasciitis. *Scand J Rheumatol* 2000; 29: 255-259
- 17) Ogden JA, Alvarez RG, Levitt RL. Electrohydraulic high-energy shock-wave treatment for chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 2216-2222
- 18) Wang CJ, Wang FS, Yang KD. Long-term results of extracorporeal shockwave treatment for plantar fasciitis. *Am J Sports Med* 2006; 34: 592-596
- 19) Rompe JD, Meurer A, Nafe B. Repetitive low-energy shock wave application without local anesthesia is more efficient than repetitive low-energy shock wave application with local anesthesia in the treatment of chronic plantar fasciitis. *J Orthop Res* 2005; 23: 931-941
- 20) Wang CJ, Huang HY, Pai CH. Shock wave-enhanced neovascularization at the tendon-bone junction: a study in a dog model. *J Foot Ankle Surg* 2002; 41: 16-22
- 21) Maire M, Averbek B, Milz S. Substance P and prostaglandin E2 release after shock wave application to the rabbit femur. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 460: 237-245
- 22) Wang CJ, Wang FS, Yang KD. The effect of shock wave treatment at the tendon-bone interface-an histomorphological and biomechanical study in rabbits. *J Orthop Res* 2005; 23: 274-280