

한국인의 발꿈치 패드 두께의 분석

김용진, 김형직, 이광복

전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, 전북대학교병원 정형외과, 의생명연구원

Analysis of Heel Pad Thickness in Korean

Yong-Jin Kim, Hyeong-Jik Kim, Kwang-Bok Lee

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Medical School,
Department of Orthopedic Surgery and Biomedical Research Institute, Chonbuk National University Hospital, Jeonju, Korea

Purpose: The purpose of this study is to provide Korean data on heel pad thickness according to age, gender, underlying disease, occupation, and body mass index (BMI).

Materials and Methods: A retrospective study was conducted on 670 patients who underwent foot lateral plain radiography and magnetic resonance imaging (MRI) between January 2010 and July 2014. Through measurements of heel pad thickness, the usefulness and accuracy of foot lateral plain radiography was evaluated, and the mean Korean heel pad thickness in the weight-bearing and non-weight-bearing conditions was also evaluated according to age, gender, underlying disease, occupation, and BMI.

Results: The 670 subjects with a mean age of 44 years (range, 12 to 84 years) consisted of 420 males and 250 females. The difference in heel pad thickness between non-weight-bearing foot lateral plain radiography and MRI was 0.69 mm. The heel pad thickness did not show a significant difference with age ($p=0.08$) and the presence of diabetes ($p=0.09$). With the increase in the Tegner score, the thickness of the heel pad increased ($p=0.035$), and subjects with a higher BMI had a thicker heel pad ($p=0.03$). The compressibility of the heel pad thickness showed no correlation with gender, diabetes, and Tegner score. Compressibility also increased with the increase in age and body weight.

Conclusion: The mean Korean heel pad thickness measured through non-weight-bearing foot lateral plain radiography was 18.79 mm. The heel pad thickness increased with increasing BMI; however, age and diabetes did not show significant correlation. The compressibility of heel pad increased with the increase in age.

Key Words: Heel, Radiography, Magnetic resonance imaging

서론

발꿈치의 바닥 면을 감싸는 지방조직을 발꿈치 패드 또는 발꿈치 지방 패드라고 하며, 이는 독특한 구조로서 보행주기의 초기 접지기에 충격을 흡수하는 중요한 역할을 하고 통증 없이 체중부하

및 이동을 가능하게 한다.¹⁾ 발꿈치 패드의 구조 중 두께가 발꿈치로 가해지는 스트레스를 결정하는 중요한 요인이라고 보고되고 있으며, 정상인과 비교할 때 당뇨병에서 발꿈치 패드의 위축을 보이며 조직형태학 분석상 지방세포의 표면적 및 지름이 작은 것으로 보고되었다.^{2,3)} 발꿈치 패드의 두께는 발목 또는 발의 단순 측면 방사선 사진 또는 자기공명영상 등을 통해 측정이 가능한데, 몸무게, 성별, 나이, 직업 등의 다양한 개인적 요소들이 영향을 미칠 수 있으며, 노화 및 비만이 발꿈치 패드의 섬유조직과 지방의 퇴행성 변화를 초래한다고 보고되었다.^{4,6)} 반면, 피로 적응 모델로서 발꿈치 바닥으로의 과도한 미세 외상으로 인한 구조적 변화와 염증성 부종으로 인해 발꿈치 패드가 두꺼워지며, 두꺼워진 발꿈치 패드는 통증성 염증의 결과적 산물이라는 연구도 있다.⁷⁾ 이러한 많은 연

Received May 21, 2015 Revised October 5, 2015 Accepted November 6, 2015

Corresponding Author: Kwang-Bok Lee

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Medical School,
20 Geonji-ro, Deokjin-gu, Jeonju 54907, Korea
Tel: 82-63-250-2586, Fax: 82-63-271-6538, E-mail: osdr2815@naver.com

Financial support: This study was supported by a grant of the CNUH-BRI (2012-02-005).

Conflict of interest: None.

Copyright ©2015 Korean Foot and Ankle Society. All rights reserved.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

구들은 외국의 자료를 기초로 한 연구 결과들로 한국인의 진료 시에 참고자료로서 부족한 점이 없지 않다. 이에 저자들은 한국인의 발꿈치 패드 두께에 대한 연구 자료가 없어 이를 분석하고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 전북대학교병원 생명의학연구윤리심의위원회(Institutional Review Board)로부터 승인을 얻은 후 시작되었다. 2010년 1월부터 2014년 7월까지 전북대학교병원에서 족부 자기공명영상 및 족부 측면 단순 방사선 사진을 촬영한 670명을 대상으로 발꿈치 패드의 두께를 측정하였다. 총 670명 중 남자가 420명, 여자가 250명(범위 12~84세, 평균 44세)이었다. 이전에 족부 수술 과거력이 있거나 최근의 족부 외상, 선천성 족부 변형은 대상에서 제외하였다. 자기공명영상 T2 시상면상 발꿈치뼈융기 안쪽돌기(medial process of calcaneal tuberosity)로부터 아래쪽으로 수선을 그어 저신호 강도를 보이는 진피층 바로 위의 표재성 피하층까지의 거리를 측정하였고(Fig. 1), 족부 측면 단순 방사선 촬영상 발꿈치뼈융기에서 아래쪽으로 수선을 그어 불균질한 방사선 투과도를 보이는 피하층 두께를 측정하였다(Fig. 2, 3). 의무기록을 통해 신체질량지수(body mass index, BMI), 당뇨병 유무(51예)에 대해 조사하였고, 직업을 바탕으로 하여 Tegner 점수로 활동성 평가를 하였다.⁸⁾ 연령대별로 그룹 1 (10~29세, 171명), 그룹 2 (30~49세, 253명), 그룹 3 (50~69세, 167명), 그룹 4 (70세 이상, 79명)로 나누었다. 성별, 당뇨병 유무, Tegner 점수, BMI에 따른(정상 18.5~24.9 kg/m², 과체중 25~29.9 kg/m², 비만 30 kg/m² 이상) 체중부하 및 비체중부하 족부 측면 방사선 촬영상의 발꿈치 패드의 두께를 측정하여, 비체중부하 발꿈치 패드 두께에 대한 체중부하 발꿈치 패드 두께

의 비율을 발꿈치 패드 압축률로 정의하였다.

자료 수집은 평균±표준편차로 표시하고, paired t-test를 이용하여 자기공명영상 측정값과 단순 방사선 촬영 측정값을 비교하였으며, 여러 변수에서의 발꿈치 패드 두께 및 압축률의 비교는 Student t-test를 이용하였고, 유의성 판정은 $p < 0.05$ 미만으로 하였다. 통계 분석에는 IBM SPSS Statistics version 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였다.



Figure 2. The heel pad thickness was measured on the non-weight-bearing foot lateral plain radiograph from the lowest point of the calcaneal tuberosity to the heterogeneous radiolucency.

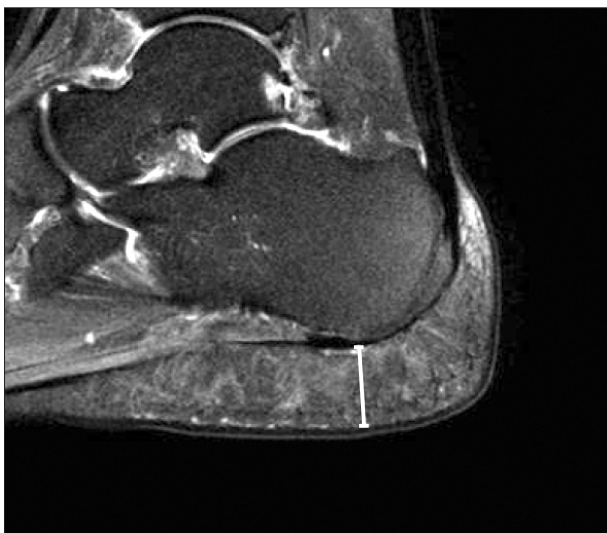


Figure 1. Heel pad thickness was measured from medial calcaneal tuberosity of calcaneus to the boundary between superficial fat pad and dermis on sagittal T2-weighted magnetic resonance imaging.



Figure 3. The heel pad thickness was measured on the weight-bearing foot lateral plain radiograph from the lowest point of the calcaneal tuberosity to the plantar surface.

결 과

1. 발꿈치 패드 두께 측정 시 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 촬영과 자기공명영상 비교

총 670명 환자의 발꿈치 패드의 두께를 자기공명영상과 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 촬영으로 측정하여 비교해 보았을 때, 자기공명영상의 평균은 18.1 ± 3.98 mm였으며 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 촬영상 평균 18.79 ± 4.23 mm로, 두 검사상 발꿈치 패드의 두께는 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.19$).

2. 연령별 발꿈치 패드 두께 변화와 당뇨병 환자의 발꿈치 패드 두께

연령대별로 4그룹으로 구분하여 분석한 결과 Table 1과 같은 패턴을 보였으며, 연령의 증가에 따라 발꿈치 패드의 두께는 유의한 변화는 보이지 않았다($p=0.08$). 또한 당뇨의 유무를 살펴보면 당

Table 1. Heel Pad Thickness Measurements (mm) by Age and Sex

Age (yr)	Sex	MRI	Radiograph
10~29	Female	18.43 ± 4.18	18.51 ± 3.31
	Male	18.59 ± 3.92	18.72 ± 4.03
30~49	Female	18.67 ± 4.23	18.75 ± 4.71
	Male	18.79 ± 3.93	18.32 ± 5.02
50~69	Female	18.65 ± 3.14	18.59 ± 2.76
	Male	18.78 ± 2.98	18.71 ± 2.67
≥ 70	Female	17.91 ± 3.13	18.02 ± 2.53
	Male	18.27 ± 4.34	18.34 ± 3.91

Values are presented as mean \pm standard deviation.
MRI: magnetic resonance imaging.

뇨병 유병 기간이 평균 9.7년(0.5~21년)이었고, 당화혈색소가 평균 5.7% (4.2%~8.1%)로 측정되어 비교적 잘 조절되고 있었고, 당뇨병 환자의 평균 발꿈치 패드의 두께는 17.95 ± 3.76 mm였으며 정상군과 비교했을 때 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.09$; Table 2).

3. 활동성과 BMI에 따른 발꿈치 패드 두께

활동성 평가 지표인 Tegner 점수를 통해 발꿈치 패드를 비교하여 각 점수별로 나누어 본 결과, 1점군은 평균 17.93 ± 2.13 mm (48명), 2점군은 평균 18.13 ± 2.25 mm (176명), 3점군은 평균 18.51 ± 2.87 mm (241명), 4점군은 평균 18.52 ± 2.41 mm (181명), 5점 이

Table 2. Relationship between Variables and Heel Pad Thickness (mm)

Variable	MRI	Radiograph
Diabetes mellitus	17.95 ± 3.76	18.21 ± 4.03
Non-diabetes mellitus	18.10 ± 3.98	18.79 ± 4.23
Tegner score		
1	17.98 ± 2.41	17.88 ± 2.92
2	18.16 ± 3.27	18.11 ± 2.54
3	18.62 ± 2.51	18.46 ± 3.19
4	18.66 ± 2.41	18.37 ± 3.24
≥ 5	18.55 ± 2.64	18.89 ± 3.01
Body mass index*		
Normal	17.18 ± 3.29	17.31 ± 2.17
Overweight	17.91 ± 3.37	18.11 ± 3.42
Obese	18.72 ± 4.13	18.97 ± 3.88

Values are presented as mean \pm standard deviation.

MRI: magnetic resonance imaging.

*Normal, $18.5 \sim 24.9$ kg/m²; overweight, $25 \sim 29.9$ kg/m²; obese, ≥ 30 kg/m².

Table 3. Relationship between Variables and Heel Pad Thickness (mm) in Non-Weight-Bearing Radiograph, Weight-Bearing Radiograph, and HPCI

Variable	Non-weight-bearing	Weight-bearing	HPCI
Age (yr)			
10~29	18.31 ± 3.66	8.93 ± 2.75	0.48 ± 0.05
30~49	18.72 ± 4.12	9.42 ± 3.12	0.50 ± 0.08
50~69	18.69 ± 3.93	10.11 ± 3.67	0.54 ± 0.08
≥ 70	18.77 ± 4.03	10.43 ± 3.86	0.55 ± 0.09
Diabetes mellitus	17.82 ± 3.24	9.61 ± 3.03	0.53 ± 0.08
Non-diabetes mellitus	18.21 ± 3.98	$9.59 \pm 4.7.3$	0.52 ± 0.09
Tegner score			
1	18.17 ± 3.14	9.38 ± 2.59	0.51 ± 0.03
2	18.22 ± 3.72	9.11 ± 2.54	0.50 ± 0.06
3	18.79 ± 3.45	9.46 ± 3.19	0.50 ± 0.08
4	18.01 ± 4.02	9.37 ± 3.62	0.52 ± 0.06
≥ 5	18.95 ± 4.83	9.89 ± 3.01	0.52 ± 0.08
Body mass index*			
Normal	18.23 ± 4.17	9.23 ± 3.23	0.50 ± 0.06
Overweight	18.91 ± 3.72	10.11 ± 3.72	0.53 ± 0.07
Obese	19.22 ± 4.11	11.97 ± 3.88	0.62 ± 0.09

Values are presented as number or mean \pm standard deviation.

HPCI: heel pad compressibility index.

*Normal, $18.5 \sim 24.9$ kg/m²; overweight, $25 \sim 29.9$ kg/m²; obese, ≥ 30 kg/m².

상 군은 평균 18.69 ± 2.11 mm (24명)로 Tegner 점수가 증가함에 따라 발꿈치 패드의 두께는 증가하는 것을 알 수 있었다($p=0.035$). BMI 계산을 통해 정상, 과체중, 비만의 3군으로 나눈 후 발꿈치 패드의 두께를 비교해 본 결과, 정상군에서 평균 17.24 ± 2.73 mm (293명), 과체중군에서는 평균 18.01 ± 3.39 mm (247명), 비만군에서는 18.84 ± 4.01 mm (130명)로 측정되어 BMI가 높은 사람일수록 발꿈치 패드가 더 두꺼운 양상을 보였다($p=0.03$; Table 2). Tegner 점수가 높아짐에 따라 활동성이 높다는 의미이며, 활동성이 높은 사람에게서 발꿈치 패드의 두께가 두꺼워지며 이는 발꿈치에 가해지는 충격의 빈도 및 총 가해지는 충격량과 비례하는 것으로 보여진다.

4. 체중부하 및 비체중부하 족부 측면 방사선 촬영을 통한 발꿈치 패드의 압축률 분석

연령, 성별, 당뇨병 유무, Tegner 점수, BMI에 따른 체중부하 및 비체중부하 족부 측면 방사선 촬영상의 발꿈치 패드의 두께를 측정하였고 압축률을 계산하였다(Table 3). 성별, 당뇨병 유무, Tegner 점수에 따른 압축률을 비교해보았을 때 유의한 차이는 보이지 않았으나(성별 $p=0.06$, 당뇨병 유무 $p=0.06$, Tegner 점수 $p=0.07$), 나이가 증가하거나 체중이 증가함에 따라 압축률은 증가하였다(각각 $p=0.04$, $p=0.04$).

고 찰

발꿈치 패드는 특화된 지방소엽들(fat lobule)이 콜라겐으로 구성된 섬유성 격막의 그물망으로 둘러싸여 있는 형태로 되어 있어 발뒤꿈치에 가해지는 충격을 흡수하는 역할을 하며,⁹⁾ 이전 보고에 의하면 건강한 사람의 발꿈치 패드의 두께는 1.2~2.8 cm로 측정되었고,⁵⁾ Steinbach와 Russell¹⁰⁾은 평균 17.8 mm, Gooding 등¹¹⁾은 평균 18.62 mm로 발표하였다. 발꿈치 패드의 두께는 발꿈치 패드 조직에 가해지는 스트레스를 결정하는 데 가장 중요한 인자이며, 두꺼울수록 넓은 부위에 스트레스가 분산되며 더 낮은 최고하중(peak stress)을 보이게 된다.³⁾ 본 연구에서 한국인의 발꿈치 패드 두께는 이전 연구와 마찬가지로 성별, 나이에 따른 유의한 차이는 보이지 않았다. 몇몇 저자들은 발꿈치 패드가 나이가 증가함에 따라 퇴행성 변화를 보이며 위축되고, 특히 40대 이후에 이러한 소견이 보인다고 보고하였다.¹²⁾ 반면 Prichasuk 등⁵⁾은 40대 이후에 비체중부하 발꿈치 패드 두께가 증가한다고 보고하였고, 이는 나이가 증가함에 따라 체중이 늘어나는 경향과 관계가 있을 것이라고 하였다.⁵⁾ 본 연구에서는 BMI가 증가함에 따라 발꿈치 패드 두께는 증가하였지만 연령의 증가와는 크게 상관관계를 찾을 수 없었다. Rome 등⁷⁾은 젊은 성인에서의 발뒤꿈치 통증과 연관된 인자에 대한 연구에서 BMI의 증가와 함께 발꿈치 패드 두께가 증가하지만 발뒤꿈치 통증이 없는 환자에서도 차이가 없이 BMI의 증가와 함께

발꿈치 패드 두께가 증가한다고 보고하였고, BMI의 증가와 함께 과도한 하중으로 인한 과도한 미세외상이 축적되어 구조적인 변화와 염증성 부종이 발꿈치 패드를 두껍게 하고 발뒤꿈치 통증을 일으킬 수 있다고 보고하였다. 하지만, 발뒤꿈치 통증이 없는 환자에서도 비슷한 발꿈치 패드 두께를 나타내는 것으로 보아 발꿈치 패드 조직의 복구율 및 손상물의 평형 정도, 즉 발꿈치 패드의 역학적 성질(mechanical properties)이 발뒤꿈치 통증을 일으키는 중요한 역할을 할 수 있다고 보고하였다.⁷⁾

발꿈치 패드는 두꺼운 표피, 콜라겐이 풍부한 진피, 엘라스틴이 풍부한 망상진피, 표재성 피하층, 심부성 피하층으로 나눌 수 있고, 심부성 피하층은 표재성 피하층에 비해 엘라스틴이 풍부한 층으로 족저건막과 연결되어 있는 구조로 되어 있다.²⁾ 자기공명영상 검사에서는 표피, 진피, 표재성 피하층 및 심부성 피하층을 모두 구별할 수 있는 반면, 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 촬영에서는 진피와 피하층 정도까지 구별할 수 있어 발꿈치 패드의 두께를 측정하는 데는 유용하다. 그러나 본 연구에서는 족부 자기공명영상 검사 시상면 및 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 검사 결과가 근접한 수치를 보여 발꿈치 패드 두께를 측정하는 데 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 검사가 비용 대비 적절한 검사로 생각된다.

당뇨병 환자에서 발꿈치 패드의 위축은 궤양 발생을 일으키는 것으로 여겨졌으며, 이는 당뇨병에 의한 미세혈관병증의 결과로 낮은 관혈류에 의한 발꿈치 패드 세포의 크기 감소라고 보고되고 있다. 당뇨병 환자와 비당뇨병 환자 간 지방세포들의 단면적을 비교한 연구에서 통계적으로 큰 차이가 없었고,¹³⁾ 다른 한 연구에서는 당뇨병 환자와 발꿈치 패드 두께와는 큰 연관성이 없다고 보고하였다.¹⁴⁾ 본 연구에서 당뇨병 환자들의 평균 유병 기간은 9.7년이었으며 발꿈치 두께와 발꿈치 패드의 압축률은 비당뇨병 환자들과 유의한 차이가 없었다(각각 $p=0.09$, $p=0.06$). 본 연구에서 측정된 51예의 당뇨병 환자는 당뇨병 유병 기간이 평균 9.7년(범위 0.5~21년)이었고, 당화혈색소가 평균 5.7% (범위 4.2%~8.1%)로 측정되어 비교적 당조절이 잘 되어 미세혈관병증이 많이 진행되지 않았고, 이에 따라 발꿈치 패드 세포의 크기에는 미미한 영향을 미친 것으로 생각된다.

발꿈치 패드의 탄력성 소실은 국소적 지방 패드의 소실 또는 섬유조직 격막의 파열로 인한 것이라고 몇몇 저자들은 보고하였다.^{15,16)} 발꿈치의 체중부하 및 비체중부하 방사선 촬영을 통한 시각적 압축률을 통해 발꿈치 패드의 충격흡수 능력을 평가하는 진단적 방법이 소개되었고,¹⁷⁾ 본 연구에서 발꿈치 패드의 압축률을 분석한 결과 나이가 많아지거나 BMI가 높아지면 압축률이 증가했다. 이는 이전에 보고된 결과와 마찬가지로 나이가 많아지거나 BMI가 높아짐에 따라 증가된 발꿈치 패드의 지방 함유량이 제한된 공간에서 압력 증가를 초래하여 발꿈치 패드의 탄력성 소실을 야기시키는 것으로 보인다.⁵⁾

결론

본 연구에서 한국인의 발꿈치 패드 두께는 비체중부하 족부 측면 단순 방사선 촬영상 평균 18.79 ± 4.23 mm로 측정되었고 나이 및 성별에 따른 유의한 차이는 보이지 않았다. Tegner 점수 및 BMI가 증가함에 따라 발꿈치 패드의 두께는 증가하였고, 잘 조절된 당뇨병 환자의 발꿈치 패드의 두께는 정상인과 차이가 없었다. 발꿈치 패드의 압축률을 분석한 결과 연령의 증가 및 BMI 증가와 함께 압축률이 증가했다.

REFERENCES

1. Karr SD. Subcalcaneal heel pain. *Orthop Clin North Am.* 1994; 25:161-75.
2. Buschmann WR, Jahss MH, Kummer F, Desai P, Gee RO, Ricci JL. Histology and histomorphometric analysis of the normal and atrophic heel fat pad. *Foot Ankle Int.* 1995;16:254-8.
3. Jahss MH, Michelson JD, Desai P, Kaye R, Kummer F, Buschman W, et al. Investigations into the fat pads of the sole of the foot: anatomy and histology. *Foot Ankle.* 1992;13:233-42.
4. Hill JJ Jr, Cutting PJ. Heel pain and body weight. *Foot Ankle.* 1989;9:254-6.
5. Prichasuk S, Mulpruek P, Siriwongpairat P. The heel-pad compressibility. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(300):197-200.
6. Prichasuk S, Subhadrabandhu T. The relationship of pes planus and calcaneal spur to plantar heel pain. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(306):192-6.
7. 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.
8. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;(198):43-9.
9. Turgut A, Göktürk E, Köse N, Seber S, Hazer B, Günel I. The relationship of heel pad elasticity and plantar heel pain. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(360):191-6.
10. Steinbach HL, Russell W. Measurement of the heel-pad as an aid to diagnosis of acromegaly. *Radiology.* 1964;82:418-23.
11. Gooding GA, Stess RM, Graf PM, Moss KM, Louie KS, Grunfeld C. Sonography of the sole of the foot. Evidence for loss of foot pad thickness in diabetes and its relationship to ulceration of the foot. *Invest Radiol.* 1986;21:45-8.
12. Kuhns JG. Changes in elastic adipose tissue. *J Bone Joint Surg Am.* 1949;31A:541-7.
13. Waldecker U, Lehr HA. Is there histomorphological evidence of plantar metatarsal fat pad atrophy in patients with diabetes? *J Foot Ankle Surg.* 2009;48:648-52.
14. Robertson DD, Mueller MJ, Smith KE, Commean PK, Pilgram T, Johnson JE. Structural changes in the forefoot of individuals with diabetes and a prior plantar ulcer. *J Bone Joint Surg Am.* 2002; 84:1395-404.
15. Snook GA, Chrisman OD. The management of subcalcaneal pain. *Clin Orthop Relat Res.* 1972;82:163-8.
16. Miller WE. The heel pad. *Am J Sports Med.* 1982;10:19-21.
17. Jørgensen U. Achillodynia and loss of heel pad shock absorber. *Am J Sports Med.* 1985;13:128-32.