

## 행군골절 발생과 발아치 구조의 연관성에 대한 연구보고

보병 ○○ 부대 의무중대장·윤성일 정형외과\*

배영재 · 윤성일\*

— Abstract —

### **The Relationship between Foot Arch Structure and March Fractures — Comparative study between 15(30feet) normal person and the 15(30feet) patients with march fracture —**

**Young-Jae Bae, M.D., Sung-Il Yoon, M.D.\***

*Captain, Medical Company, ○○ Infantry Corps, Kangwon, Korea  
Yoon Sung-Il's Orthopaedic Surgery, Hongcheon, Kangwon, Korea\**

The fact that, under similar training activities performed in the same environment, march fractures develop in only a certain percentage of the trainees indicates that intrinsic factors are affecting the prevalence of these fractures.

Among these intrinsic factors, the relation between foot arch type and the occurrence of march fractures was investigated in this study.

From 1997 to 1998, at one infantry medical company of infantry corps in Korea, 15 march fracture patients were detected among infantry soldiers.

Quantitative measures of the foot arch (longitudinal) structure of 15(30feet) march fracture patients were established and compared with those of 15(30feet) normal person.

The results were as follows.

1. From the lateral X-ray film, three parameters (i.e. calcaneal angle, forefoot angle, height to length ratio) were defined to describe the structure of the longitudinal arch of the foot.
2. The mean value of the calcaneal angle of march fracture group and normal control group showed 16.4 degree, 20.5 degree respectively. The difference between two groups was statistically significant ( $P < 0.006$ ), but those of forefoot angle and height to length ratio were not.
3. In the calcaneal angle twenty-six feet(87%) of march fracture group were lower than 17 degrees but twenty-five feet(83%) of normal control group were more than 17 degrees. That is, march fracture were more prevalent in feet with low calcaneal angle.
4. In the low arch foot, the orthotic device might relieve the energy load carried by the foot, thus reducing the incidence of march fractures, and should be analyzed in further study.

**Key Words** : Metatarsals, March Fractures, Foot Arch

통신저자 배영재

강원도 홍천군 남면 시동2리 사서함 101-14호

의무중대

TEL : (0366) 432-9111, FAX : (0366) 430-6211

## 서 론

예를 들어 신병훈련 같은 힘든 육체적 활동 동안 하지는는 과도한 양의 하중이 부하 된다. 골격에 대한 이런 과도한 양의 반복적인 노출은 스트레스 골절의 주요원인이 되며 따라서 스트레스 골절, 특히 중족골에 발생하는 행군골절은 신병훈련 중 많이 발생하게 된다<sup>1)</sup>.

신병훈련처럼 동일양의 육체적 훈련환경에서도 스트레스 골절이 단지 소수의 신병에게만 발생하는 것은 스트레스 골절 발생에 관여하는 내인적 인자(intrinsic factor)가 있음을 알 수 있다. 육체적 활동 중 지면과 발 사이의 상호작용 동안 발생하는 지면 반발력(ground reaction force)은 충격에너지로 작용하여 스트레스 골절을 일으키는 주요 원인이 되며, 따라서 발아치 모양(foot arch type)은 스트레스 골절(행군골절) 발생에 관여하는 주요한 내인적 인자가 된다<sup>2)</sup>. 그러나, 발아치 모양 연구에 대한 객관적 지표 및 발아치 모양과 행군골절의 발생 사이의 연관성에 대한 연구가 미흡하고 특히 국내 문헌에는 보고가 없어 저자는 1997년 0월부터 1998년 0월까지 만 1년 2개월 동안 강원도에 위치한 보병 ○○부대에서 발생한 행군골절의 양상을 관찰하면서 행군 골절이 발생한 15명(30족)과 행군골절이 발생하지 않은 정상인 15명(30족)의 발아치 모양을 비교 연구하여 발아치 모양과 행군골절 발생 상호간의 관계에 대해 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 본 론

### 1. 연구대상, 연구방법 및 통계학적 처리

#### 1) 연구대상

1997년 0월부터 1998년 0월까지 만 1년 2개월 동안 강원도에 위치한 보병 ○○부대에서 동계 연대 전투단 훈련 및 연대 전투단 훈련 후 발생한 15명(30족) 중족골 행군 골절 환자군과 같은 부대, 같은 기간 및 같은 훈련에 참여하였으나 행군 골절이 발생하지 않은 정상인 15명(30족)을 대상으로 하였다. 양군 모두 연령은 최저 19세에서 최고 23세까지로 평균 21세 였으며 전례가 남자 였고 요족(pes cavus), 첨족(pes equinus), 편평족(pes planus) 및 무지외반증(hallux valgus)과 같은 발의 외형상 기형을 갖지 않았다.

## 연구방법

양군 대상자들은 중앙에 방사선 필름이 들어갈 홈이 있고 나무로 특수하게 제작한 발판 위에 올라가 방사선 촬영을 하였고, 두장의 방사선필름을 서로 마주보도록 밀착시켜 환자의 발사이의 홈에 넣었고, 방사선 촬영 동안 보조자에 의해 방사선필름을 수직으로 유지하였다(Fig.1).

방사선 촬영의 중심은 입방골(cuboid)로 하였고, 본 연구에서는 방사선촬영기와 필름사이의 거리를 90cm로 하였다. 기립 측면 족부 방사선 촬영사진에서 발아치 모양 즉 종아치(longitudinal arch)구조를 기술하기 위해 세 가지 객관적 지표를 선정하였다(Fig. 2).

- a. 종골 경사각(calcaneal angle : CA) - 종골의 하면과 수평면이 이루는 각
- b. 전족부 경사각(forcefoot angle : FOR) - 수평면과 내측 종자골(medial sesamoid bone) 하면이 이루는 각
- c. 발길이에 대한 높이의 비(height to length ratio : H/L)

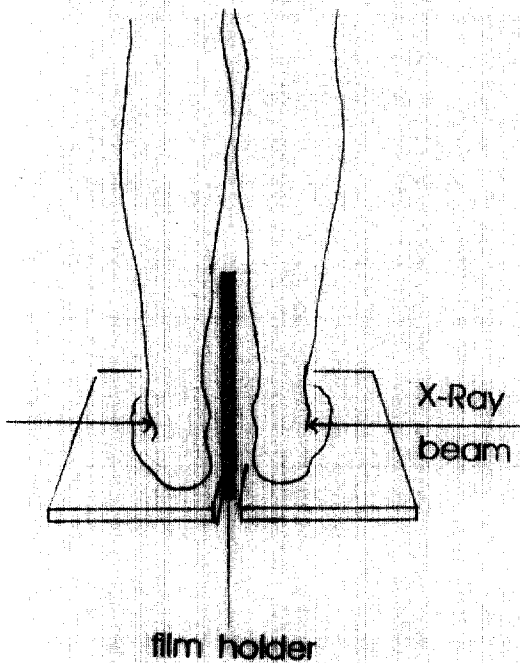


Fig. 1. The standing weightbearing position and the X-ray technique used to obtain a lateral radiograph of the foot.

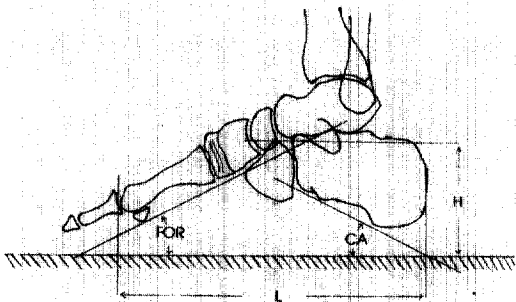


Fig. 2. The parameters defining the longitudinal arch of the foot, measured in a lateral X-ray film, taken in a standing position.  
Abbreviation : CA, calcaneal angle ; FOR, forefoot angle ; H, arch height ; L, arch length.

- 발 높이는 거골두(talar head)하면에서 수평면까지의 거리로, 발 길이는 종골의 후면에서 제 1

중족골두의 전면까지의 거리로 정하였다.

상기의 세가지 지표 모두 각도 및 비율이므로 방사선 촬영상 발생하는 확대율의 차이에 의한 오차를 제거 할 수 있었다. 그리고 양군 모두 연구 대상자의 양발 측면 방사선 촬영을 하여 세가지 지표를 측정하였다.

### 3) 통계학적 처리

t-검정으로 시행한 통계처리 결과 오른발과 왼발의 종골 경사각이 매우 의미있게 다르므로( $P < 0.001$ ), 행군골절 환자군과 정상군의 비교시 양발 측면 방사선 촬영 사진에서 측정된 세 가지 지표의 결과로 분석하였다. 측면측부 방사선 사진에서 측정된 세 가지 지표의 결과 비교시 통계학적 처리는 t-검정으로 하였다.

## 2. 결과

기립측면측부 방사선 촬영사진에서 측정된 행군골절 환자군과 정상인군의 발아치 모양의 세가지 지표 각각의 평균, 표준편차 및 측정치의 범위는 Table.1 에 표시되어 있다.

t-검정으로 검정한 결과 세가지 지표 중 종골 경사각은 양군간에 의미있는 차이를 보였고( $P < 0.006$ ), 전족부 경사각 및 발길이에 대한 높이의 비는 양군간 차이가 없었다( $P < 0.219$ ).

그리고 종골 경사각의 높낮음의 기준점은 17도였고, 종골경사각의 기준점을 지표로 삼았을 때 행군골절 환자군에서는 26족(87%)에서 종골경사각이 17도 이하인 반면, 정상군에서는 25족(83%)에서 종골 경사각이 17도를 초과하는 높은 종골 경사각을 보였다(Table. 2). 따라서 종골 경사각의 평균치 및 빈도의 통계적 처리 결과 행군골절 환자군은 정상인군에 비해 낮은 종골 경사각을 가지는 발모양아치 형태를 보였다.

## 고 찰

행군골절 발생과 관계되는 발의 내인성 인자에 대한 여러 연구가 있었다<sup>1,2)</sup>.

Drez<sup>2)</sup>는 제 1 중족골과 제 2 중족골 길이와 행군골절 발생과 관계가 없다고 했으며 Devan과

**Table 1.** Mean value, standard deviation, and range of the longitudinal arch parameters of the march fracture patient group (A) and the normal group (B) (each group - 30 feet).

Parameter	Mean		S. D.		Range	
	A	B	A	B	A	B
Calcaneal angle(°)	16.4	20.5	4.00	3.38	11.0~20.0	17.0~30.0
Forefoot angle(°)	22.4	22.6	2.24	3.33	18.0~27.0	17.0~29.0
Height to length ratio	0.325	0.290	0.002	0.039	0.270~0.400	0.243~0.342

**Table 2.** Number of the march fracture patient group (A) and the normal group (B) in the high and low calcaneal angle.

	No*(%)	
	CA <sup>+</sup> ≤ 17	CA > 17 <sup>-</sup>
A	26(87)	4(13)
B	5(17)	25(83)

\*No : Number

<sup>-</sup>CA : calcaneal angle

Carlton<sup>1)</sup>은 행군골절의 발생과 편평족, 요족 또는 무지외반증과는 통계학적 연관성이 없다는 것을 발견하였다.

본 연구에서는 발아치모양 즉 종아치의 구조와 행군골절 발생과의 연관성을 보여주었다. 특히 낮은 종골 경사각을 가진군에서 행군 골절의 빈도는 의미있게 증가하였고 평균치도 정상군과 의미있는 차이를 보였다(Table 1, 2). 낮은 종골 경사각을 가진 군에서 행군골절 발생빈도의 증가는 발의 충격흡수기능으로 설명할 수 있다<sup>6)</sup>. 지면과 발사이의 상호작용간 발생하는 지면 반발력에 의한 충격에너지는 대부분 발의 탄력성 연부조직에 의해 전달되는데, 부분적으로 발의 골격으로 흡수되는 반복적인 충격에너지는 행군골절을 일으키게 된다. 낮은 종골 경사각의 발인 경우 보행시 입각기(stance phase)동안 높은 종골 경사각의 발보다 더욱 많은 양의 충격에너지를 흡수하게되며 따라서 중족골에 의해 흡수되는 충격에너지는 많아지나 하퇴부와 대퇴부 골격으로 전달되는 양은 상대적으로 적어진다. 그러므로 낮은 종골 경사각의 발에서 행군골절이 상대적으로 많아지게 된다. 본 연구에서는 발의 종아치 구조와 행군 골절의 발생사이에 의미 있는 연관성을 보이지만 행군골절 발생의 원인이 되는 위험 요소는 다양하다. 이런 위험요소 가운데는

경골의 폭(tibial width)<sup>3)</sup>, 경골 단면적당 미치는 관성 모멘트(area moment of inertia of the tibial cross section)<sup>7)</sup>, 고관절의 외회전<sup>4)</sup> 및 체형이 포함된다. 그러나 이런 위험요소의 대부분은 변형이 불가능한 요소이나 본연구에서 보여준 낮은 종골 경사각의 발 종아치 구조는 적절한 보조기(orthosis)를 사용해 충격 흡수 기능을 향상시키므로 발에 부하되는 충격에너지 양을 감소시켜 행군골절의 빈도를 감소시킬 수 있는 변형 가능한 요소라 여겨진다.

그리고 신병 신체검사시 체중부하 상태의 기립 측면 족부 방사선 촬영을 검사 항목에 포함시켜 선별 검사를 통해 낮은 종골경사각의 신병을 찾아내고, 행군골절의 위험군으로 분류하여 신병훈련 및 장거리 행군시 행군골절의 발생을 사전에 예방조치 가능하며 만약 행군골절 발생시에도 조기 발견할 수 있으리라 사료된다.

## 결 론

저자는 1997년 0월부터 1998년 0월까지 강원도에 위치한 보병 ○○부대에서 발생한 중족골 행군골절 환자 15명(30족)과 정상인 15명(30족)을 대상으로 기립 측면 족부 방사선 촬영을 통해 발아치

모양과 행군골절과의 연관성을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기립 측면 족부 방사선 촬영 사진에서 발아치 모양을 기술하는 지표로는 종골 경사각, 전족부 경사각, 및 발길이에 대한 높이의 비를 사용하였다.

2. 행군골절 환자군과 정상인군의 발아치 모양의 지표중 종골 경사각의 평균은 양군간에 의미있는 차이를 보였고( $P < 0.006$ ), 전족부 경사각과 발길이에 대한 높이의 비 평균은 양군간 차이가 없었다( $P < 0.219$ ).

3. 행군 골절 환자군의 26족 (87%)에서 종골 경사각이 17도 이하의 낮은 종골 경사각을 가진 반면 정상군에서는 25족(83%)에서 종골 경사각이 17도를 초과하는 높은 경사각을 보였다.

4. 낮은 종골 경사각의 발아치 모양(종아치)의 발은 적합한 보조기로 발에 흡수되는 충격 에너지를 감소시키므로 행군골절의 발생 빈도를 감소시킬 수 있을 것으로 사료되며 이에 대한 추가연구가 필요하다.

## REFERENCES

1) **Devan W and Carlton D**: The march fracture persists. *Am J Surg*, 87 : 227-231, 1954.  
 2) **Drez D, Young JC, Johnston RD and**

**Parker WD**: Metatarsal stress fractures. *Am J Sports Med*, 8 : 123-125, 1980.  
 3) **Giladi M and Milgrom C**: Stress fractures and tibial bone width - a risk factor. *J Bone Joint Surg*, 69B : 326-329, 1987.  
 4) **Giladi M and Milgrom C**: External rotation of the hip : A predictor of risk for stress fractures. *Clin Orthop*, 216 : 131-134, 1987  
 5) **Giladi M and Milgrom C**: The low arch, a protective factor in stress fractures - prospective study of 295 military recruits. *Orthop Rev*, 14 : 709-712, 1985.  
 6) **Ker RF and Bennet MB**: The spring in the arch of the human foot. *Nature*, 325 : 147-149, 1987.  
 7) **Milgrom C and Giladi M**: An analysis of the biomechanical mechanism of tibial stress fractures among Israeli infantry recruits. *Clin Orthop*, 231 : 216-221, 1988.  
 8) **Milgrom C and Giladi M**: Stress of fractures in military recruits : a prospective study showing an unusually high incidence. *J Bone Joint Surg*, 67B : 732-735, 1985.