

족근 관절 삼과 골절에서 단순 방사선 사진과 삼차원 재건 전산화 단층 촬영의 비교

송상준 · 윤형구 · 신동은 · 한수홍 · 김재화 · 박형근 · 한용섭

포천중문 의과대학교 분당차병원 정형외과학교실

목 적: 단순 방사선 사진상 족근 관절 삼과 골절의 분류, 후과 골편의 전위와 크기 측정치의 정확도를 3차원 재건 전산화 단층 촬영 사진(3D CT)과 비교하여 평가하고자 한다.

대상 및 방법: 족근 관절 삼과 골절로 수술 전 3D CT를 시행하였고 수술 후 최소 2년 이상 추시가 가능하였던 20예를 대상으로 하였다. 수술 전 골절의 분류는 Danis-Weber와 Lauge-Hansen 분류를 이용하였고, PACS를 이용하여 후과 골편의 전위와 크기를 측정하였다. 단순 방사선 사진과 3D CT상 골절 분류의 일치도를 평가하였고 (Kappa 분석), 후과 골편의 전위와 크기의 단순 방사선 사진과 CT상 측정치를 비교하였다 (상관 분석).

결 과: 단순 방사선 사진과 3D CT에서 Danis-Weber 분류의 일치도는 kappa 값 0.700이었고, Lauge-Hansen 분류의 일치도는 kappa 값 0.605이었다. 후과 골편의 전위 정도에 대한 단순 방사선 사진과 CT상 측정치는 통계적으로 유의하게 양적 선형 상관 관계를 보였으나 ($p=0.000$), 후과 골편의 크기에 대한 단순 방사선 사진과 CT상 측정치의 상관 관계는 통계적으로 유의하지 않았다 ($p=0.102$).

결 론: 후과 골편의 전위 정도와 크기가 수술적 정복을 결정하는데 중요한 경우 단순 방사선 사진만 가지고 결정하기 보다는 전산화 단층 촬영이나 수술 시야에서 결정하는 것이 보다 정확할 것이다.

색인 단어: 족근 관절, 삼과 골절, 단순 방사선 사진, 전산화 단층 촬영

Comparison between X-ray and Three Dimensional Computed Tomography in Trimalleolar Ankle Fractures

Sang Jun Song, M.D., Hyung Ku Yoon, M.D., Dong Eun Shin, M.D., Soo Hong Han, M.D.,
Jae Hwa Kim, M.D., Hyung Kun Park, M.D., Yong Sub Han, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Pochon CHA University, Gyeonggi-do, Korea

Purpose: To evaluate the accuracy of X-ray evaluation in classification, displacement and size of posterior malleolar fragment, comparing with three dimensional computed tomography (3D CT) in trimalleolar ankle fractures.

Materials and Methods: 20 cases of trimalleolar ankle fractures evaluated with preoperative 3D CT, and followed up periods were at least 2 years. All cases were classified according to the Danis-Weber and Lauge-Hansen classification. Displacement and size of posterior malleolar fragment were measured using PACS. The reliability between simple X-ray and 3D CT was evaluated in the Danis-Weber and Lauge-Hansen classification (kappa analysis). The correlation between simple X-ray and 3D CT was evaluated in displacement and size of posterior malleolar fragment (correlation analysis).

Results: Degree of agreement of Danis-Weber classification in simple X-ray and 3D CT was 0.700 kappa value, and that of Lauge-Hansen was 0.605 kappa value. Measurement of simple X-ray and 3D CT about displaced status of posterior malleolar fragment showed statistically significant positive linear correlation ($p=0.000$), but correlation of measurement of size in simple X-ray and CT was not statistically significant ($p=0.102$).

Conclusion: CT or operative field will be more accurate than simple X-ray to select the method of treatment and operation, especially when the displacement and size of posterior malleolar fragment are important to decide.

Key Words: Ankle, Trimalleolar fracture, Simple X-ray, Computed tomography

통신저자: 송 상 준

경기도 성남시 분당구 야탑동 351
포천중문 의과대학교 분당차병원 정형외과학교실
Tel : 031-780-6085 · Fax : 031-780-3578
E-mail : Tesstore@empal.com

Address reprint requests to : Sang Jun Song, M.D.

#351 Yatap-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea

Tel : 031-780-6085 · Fax : 031-780-3578

E-mail : Tesstore@empal.com

*본 논문의 요지는 2004년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

서 론

족근 관절 삼과 골절에서 후과 골편의 정복은 생역학적으로 체중 부하와 족근 관절의 안정성에 중요하다^{6,8~10}. 후과 골편의 크기는 외측 단순 방사선 사진을 이용하여 원위 경골 관절면에서 골편을 포함한 관절면의 비율 (%)로 표시되며⁵, 족근 관절면의 25~33% 이상을 포함한 후과 골편의 경우 수술적 정복 및 고정이 필요하다고 알려져 있다. 저자들은 족근 관절 골절의 수술 시 단순 방사선 사진상 예상한 후과 골편의 크기와 수술 시야상 실제 크기에 있어 상당한 차이가 있는 경우를 경험하였다. 방사선 사진상 후과 골편 평가의 정확도에 대한 보고는 드물었으며, Brage 등¹²은 단순 방사선 사진상 족근 관절 분류의 신뢰성을 평가하여 Mortise 상과 측면상 단순 방사선 사진을 이용하여 관측자간, 관측자내 골절 분류의 신뢰도 (reliability)가 통계적으로 유의하게 높았다고 보고하였다. 그러나, Mortise 상과 측면상의 이방향 방사선 사진과 사면 촬영을 포함한 삼방향 방사선 사진상 평가의 비교였으며 재현성과 신뢰도가 높지 않아 정확도 (accuracy)가 높다고 평가하기는 어렵다. 이에 저자들은 단순 방사선 사진상 족근 관절 골절의 분류와 후과 골편의 전위와 크기 측정치의 정확도를 3D CT와 비교하여 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2000년 1월부터 2002년 6월 까지 족근 관절 삼과 골절로 수술 전 3D CT (Somatotom sensation 16[®], Siemens, Germany)를 촬영하였고 수술 후 최소 2년 이상 추시가 가능하였던 20예를 대상으로 하였다. 평균 추시 기간은 3.2년 (2년~4년 6개월)이었다. 나이는 평균 44.5세 (17~71세)이었고 남자가 11예, 여자가 9예였다. 내·외과 골절에 대해 20예 모두 환형적 정복 후 내고정술을 시행하였으며 후과 골절에 대해 12예에서 정복 후 내고정술을 시행하였다. 수술 후 4~6주간 단하지 석고 부목 또는 석고 봉대 고정을 하였으며 이후 관절 운동을 허용하고 부분 체중 부하 보행을 시작하였다.

2. 연구 방법

대상 환자의 수술 전 단순 방사선 사진상 전후면, 측면과 양 사면 사진을 이용하여 족근 관절 골절의 Danis-Weber 분류와 Lauge-Hansen 분류를 시행하였고, 사방향 방사선 사진상 후과 골편의 전위가 가장 넓은 부위를 측정하였다. 족근 관절 측면 사진을 이용하여 경골 원위부의 족근 관절면에 대한 후과 골편 관절면의 비율 (%)로 후과 골편의 크기를 평

가하였다 (Fig. 1-A). 3D CT는 2 mm 간격으로 경골의 장축에 수직되도록 단층 촬영하였고 이를 바탕으로 3차원 재건 영상을 얻었다. 단순 방사선 사진을 모르는 상태에서 3D CT를 이용하여 족근 관절 골절을 분류하였고 후과 골편의 전위가 가장 넓은 부위를 측정하였다. 경골 원위부의 천정 (plafond)을 지나는 축 단층 영상 (axial cut image)에서 후과 골편의 크기를 그림과 같이 측정하였다 (Fig. 1-B). 골편의 전위와 크기는 의료 영상 저장 전송 체계 (PACS, Picture Archiving and Communications System)를 이용하여 측정하였고, Maroview TM 4.0 version[®] 기종 (Marotech, Seoul, Korea)을 사용하였다.

3. 통계 방법

단순 방사선 사진과 전산화 단층 촬영을 이용한 골절 분류

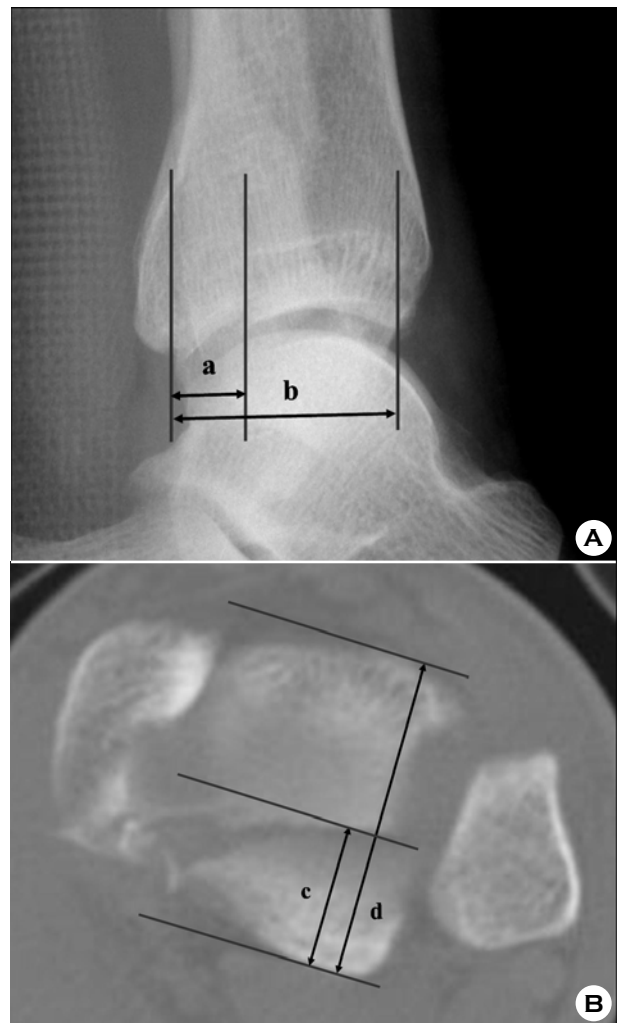


Fig. 1. Method of measurement in size of posterior malleolar fragment
(A) a/b in lateral view of X-ray.
(B) c/d at plafond level in axial cut image of CT.

의 일치도를 평가하였다 (Kappa 분석). 후과 골편의 전위와 크기에 대해 단순 방사선 사진상 측정치와 3D CT 측정치를 상관 분석하였다. 후과 골편 크기에 대해 CT상 측정치를 기준으로 단순 방사선 사진상 측정치의 오차를 계산하였고 더 크게 평가 되는 경우 양값, 작게 평가 되는 경우는 음값으로 기록하였다. 전산화 단층 촬영상 후과 골편이 25% 미만인 경우는 A군, 후과 골편이 25% 이상인 경우는 B군으로 분류하였고 후과 골편 크기 측정치의 오차에 대해 평균치 비교를 하였다 (Mann-Whitney test). 각군 별 오차 정도를 세분하여 비교하였다. SPSS version 11.0을 이용하여 통계처리 하였으며 유의성의 판정은 p-value가 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 단순 방사선 사진상 측정치

Danis-Weber 분류상 B형이 10예, C형이 10예였으며 Lauge-

Table 1. Danis-Weber classification with X-ray and CT

X-ray \ CT	Type B	Type C	Total
Type B	8	2	10
Type C	1	9	10
Total	9	11	20

(Kappa = 0.700, p=0.002)

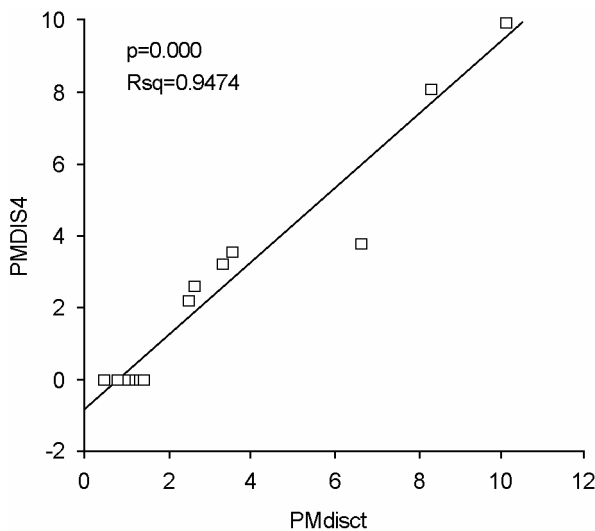


Fig. 2. Comparison in the displacement of posterior malleolar fragment between X-ray and CT. PMdisct means the amount of displacement of the posterior malleolar fragment in CT and PMDIS4 means the amount of displacement of the posterior malleolar fragment in X-ray.

Hansen 분류상 회외-외 회전 4형이 17예, 회내-외전 3형이 1예, 회내-외 회전 4형이 2예였다 (Table 1, 2). 후과 골편의 전위는 평균 1.8 ± 2.9 mm (0~9.9 mm)였고 후과 골편의 크기는 평균 $16.4 \pm 11.5\%$ (0~39.5%)이었다.

2. 3D CT상 측정치

Danis-Weber 분류상 B형이 9예, C형이 11예였으며 Lauge-Hansen 분류상 회외-외 회전 4형이 14예, 회내-외전 3형이 2예, 회내-외 회전 4형이 4예였다 (Table 1, 2). 후과 골편의 전위는 평균 2.6 ± 2.7 mm (0.5~10.1 mm)였고 후과 골편의 크기는 평균 $33.4 \pm 12.8\%$ (15.6~58.4%)이었다.

3. 단순 방사선 사진과 3D CT 측정치의 비교

Danis-Weber 분류의 일치도는 kappa 값이 0.700이었고,

Table 2. Lauge-Hansen classification with X-ray and CT

X-ray \ CT	SER*	PA†	PER‡	Total
SER*	14	1	2	17
PA†		1		1
PER‡			2	2
Total	14	2	4	20

(Kappa = 0.605, p=0.000)

SER*, Supination-external rotation; PA†, Pronation-abduction, PER‡, Pronation-external rotation.

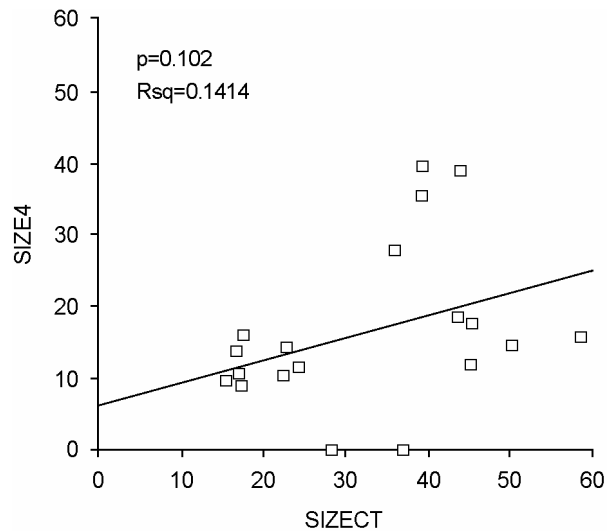


Fig. 3. Comparison in the size of posterior malleolar fragment between X-ray and CT. SIZECT means the size of the posterior malleolar fragment in CT and SIZE4 means the size of the posterior malleolar fragment in X-ray.

Table 3. Measured errors of the size of posterior malleolar fragments with X-ray according to the size of posterior malleolar fragment in CT

CT	X-ray-CT		Error		Total
	<5%	5~25%	>25%		
Group A	2	5	0		7
Group B	2	2	9		13
Total	4	7	9		20

Lauge-Hansen 분류의 일치도는 kappa 값이 0.605이었다 (Table 1, 2). 후과 골편의 전위 정도에 대한 단순 방사선 사진과 3D CT상 측정치는 통계적으로 유의하게 양적 선형 상관 관계를 보였다 (Fig. 2). 후과 골편의 크기에 대한 단순 방사선 사진과 CT상 측정치의 상관 관계는 통계적으로 유의하지 않았다 (Fig. 3). 전 예에서 단순 방사선 사진상 후과 골편의 전위와 크기 측정치는 CT 측정치보다 작게 측정되었다. 후과 골편 크기의 단순 방사선 측정치와 CT 측정치의 차이는 평균 $-17.0 \pm 13.9\%$ (범위, $-42.6 \sim -0.3\%$)이었고, 5% 미만의 오차를 보인 경우가 4예, 5~25%의 오차를 보인 경우가 9예, 25% 이상의 오차를 보인 경우가 7예이었다. CT상 후과 골편의 크기에 따른 단순 방사선 측정치와 CT 측정치의 차이는 A군에서 평균 $-6.3 \pm 3.7\%$ 이었고 B군에서 $-22.8 \pm 14.0\%$ 이었다 ($p=0.015$). CT상 후과 골편이 클수록 단순 방사선 사진상 후과 골편 크기 측정치의 오차가 컸으며 A군에선 25% 이상의 오차를 보인 예가 없었던 반면에 B군에선 54% (7/13예)에서 25% 이상의 오차를 보였다 (Table 3).

고 찰

족근 관절 골절에서 단순 방사선 사진의 유용성에 대한 보고는 골절의 분류의 일치 여부에 대한 관측자간 또는 관측자내 신뢰도에 대한 평가가 대부분이었다^{2,3,11)}. 저자들의 경우 족근 관절 삼과 골절에서 방사선 사진과 CT상 Danis-Weber 분류나 Lauge-Hansen 분류의 일치 여부를 평가하고자 하였고 두 분류 모두 단순 방사선 사진상 분류와 3D CT상 분류는 통계적으로 유의하게 일치하였다. Brage 등²⁾은 Danis-Weber 분류의 관측자간, 관측자내 신뢰도가 Lauge-Hansen 분류보다 높다고 보고하였으며 저자들의 경우도 Danis-Weber 분류의 일치도가 높았다. 이는 Danis-Weber 분류가 Lauge-Hansen 분류보다 간단하고 분류가 용이하므로 관측자간과 관측자내에서 보다 잘 일치하는 것으로 생각되었다. Wallis¹³⁾는 단순 방사선 사진상 족근 관절 골절을 진단할 때 전후면과 측면사진상 만으로도 주요 골절을 간과한 경우는 없었고 mortise 상이 전후면상보다 유용한 경우는 비골 원위부의 건

열 골절뿐이었다고 보고하였다. Vangsness 등¹²⁾은 전후면상과 측면상보다 mortise 상과 측면상이 골절의 진단과 분류에 관측자간, 관측자내 신뢰도가 높아 보다 유용하다고 보고하였다. 그러나, Smet 등⁴⁾은 사면 사진의 추가로 골절 진단이 바뀐 경우를 분석하여 4.8%에서 진단의 정확도를 높일 수 있었다고 보고하였다. 저자들의 경우도 양 사면상을 포함한 사방향 단순 방사선 사진을 이용하여 골절을 분류하였으며 3D CT와 양호한 일치도를 보였다. CT가 족근 관절 골절 분류의 신뢰도를 높이지는 않는다고 보고되며⁷⁾, 저자들의 경우도 후과 골절의 유무는 단순 방사선 사진상으로도 쉽게 관찰되므로 골절의 분류를 위해서 CT가 필요하지는 않을 것으로 생각하였다.

Brage 등¹⁾은 단순 방사선 사진상 족근 관절 골절의 골편에서 내과 골편의 전위는 mortise 상에서, 외과 골편의 전위는 전후면과 측면상에서, 후과 골편의 전위는 측면상의 가장 넓은 길이로 평가할 수 있고, 후과 골편의 전위에 대한 방사선 사진상 평가는 관측자간, 관측자내의 신뢰도가 높다고 보고하였다. 저자들의 경우 방사선 사진상 후과 골편의 전위는 CT상 골편의 전위와 통계적으로 유의하게 상관 관계를 보여 후과 골편의 전위 정도는 단순 방사선 사진상으로도 비교적 정확하게 평가할 수 있을 것으로 생각되었다. 저자들의 경우 사방향 방사선 사진상 후과 골편의 전위가 가장 넓은 길이를 평가하였고, 방사선 사진상 후과 골편의 전위는 평균 1.8 mm, CT상 전위는 평균 2.6 mm로 대부분 4 mm 미만의 전위였으므로 측정 오차의 범위가 작았던 영향이 있을 것으로 생각하였다.

Ferries 등⁵⁾은 족근 관절 삼과 골절의 후과 골편의 크기는 단순 방사선 사진과 CT상에서 상관 관계가 적다고 보고하였으며 측정치의 차이는 평균 22%였고, 단순 방사선 사진상 측정치의 54%에서 25% 이상의 측정 오차가 있었다고 보고하였다. 저자들의 경우 후과 골편 크기 측정치의 차이는 평균 17%였고 35%에서 25% 이상의 측정 오차가 있었다. CT상에 비해 단순 방사선 사진상 후과 골편의 크기는 과소 평가되었으며 특히 후과 골편의 분쇄상이 있거나 사선상 후과 골절선이 있는 경우, 방사선 사진의 주사선 (beam)의 방향과 골절선의 방향이 일치하지 않는 경우 등에서 단순 방사선 사진만으로 후과 골편의 크기를 평가하기가 힘들었다. 또한, CT상 후과 골편의 크기가 클수록 단순 방사선 사진상 과소 평가되는 경향이 있었으며, 단순 방사선 사진만으로 후과 골편의 크기를 평가할 때는 신중을 기해야 할 것으로 생각되었다. 후과 골편의 크기는 외측 단순 방사선 사진을 이용하여 원위 경골 관절면에서 골편을 포함한 관절면의 비율 (%)로 표시되며 (Fig. 1A)⁵⁾, 저자들의 경우 CT상 후과 골편의 크기를 측정하기 위하여 경골 원위부의 천정 (plafond)을 지나는 축 단층 영상 (axial cut image)을 이용하였다 (Fig. 1-B).

그러나, 경골 원위부 천정은 곡면을 이루고 있고 측 단층 영상은 평면상이므로 골절선이 지나는 관절면이 측면 방사선 사진과 측 단층 영상에서 차이가 있을 수 있으므로 이에 의한 오차를 줄이기 위해선 CT의 시상면 재건 영상과 측면 방사선 사진의 비교가 필요하리라고 생각되며 이에 대해선 추가적인 연구가 필요할 것이다.

결 론

족근 관절의 분류나 후과 골편의 전위에 대한 평가는 단순 방사선 사진으로 비교적 정확하게 평가할 수 있지만 후과 골편의 크기에 대한 평가를 위해선 CT가 유용하다. 후과 골편의 전위 정도와 크기가 수술적 정복을 결정하는데 중요한 경우 단순 방사선 사진만 가지고 결정하기 보다는 CT나 수술 시야에서 결정하는 것이 보다 정확할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Brage ME, Bennett CR, Whitehurst JB, Getty PJ and Toledano A: Observer reliability in ankle radiographic measurements. *Foot Ankle Int*, **18(6)**: 324-329, 1997.
- 2) Brage ME, Rockett M, Vraney R, Anderson R and Toledano A: Ankle fracture classification: a comparison of reliability of three X-ray views versus two. *Foot Ankle Int*, **19(8)**: 555-562, 1998.
- 3) Craig WL, 3rd and Dirschl DR: Effects of binary decision making on the classification of fractures of the ankle. *J Orthop Trauma*, **12(4)**: 280-283, 1998.
- 4) De Smet AA, Doherty MP, Norris MA, Hollister MC and Smith DL: Are oblique views needed for trauma radiography of the distal extremities? *AJR Am J Roentgenol*, **172(6)**: 1561-1565, 1999.
- 5) Ferries JS, DeCoster TA, Firoozbakhsh KK, Garcia JF and Miller RA: Plain radiographic interpretation in trimalleolar ankle fractures poorly assesses posterior fragment size. *J Orthop Trauma*, **8(4)**: 328-331, 1994.
- 6) Macko VW, Matthews LS, Zwirkoski P and Goldstein SA: The joint-contact area of the ankle. The contribution of the posterior malleolus. *J Bone Joint Surg*, **73-A**: 347-351, 1991.
- 7) Martin JS, Marsh JL, Bonar SK, DeCoster TA, Found EM and Brandser EA: Assessment of the AO/ASIF fracture classification for the distal tibia. *J Orthop Trauma*, **11(7)**: 477-483, 1997.
- 8) McDaniel WJ and Wilson FC: Trimalleolar fractures of the ankle. An end result study. *Clin Orthop*, **122**: 37-45, 1977.
- 9) Scheidt KB, Stiehl JB, Skrade DA and Barnhardt T: Posterior malleolar ankle fractures: an in vitro biomechanical analysis of stability in the loaded and unloaded states. *J Orthop Trauma*, **6(1)**: 96-101, 1992.
- 10) Stiehl JB, Skrade DA, Needleman RL and Scheidt KB: Effect of axial load and ankle position on ankle stability. *J Orthop Trauma*, **7(1)**: 72-77, 1993.
- 11) Thomsen NO, Overgaard S, Olsen LH, Hansen H and Nielsen ST: Observer variation in the radiographic classification of ankle fractures. *J Bone Joint Surg*, **73-B**: 676-678, 1991.
- 12) Vangsness CT, Jr., Carter V, Hunt T, Kerr R and Newton E: Radiographic diagnosis of ankle fractures: are three views necessary? *Foot Ankle Int*, **15(4)**: 172-174, 1994.
- 13) Wallis MG: Are three views necessary to examine acute ankle injuries? *Clin Radiol*, **40(4)**: 424-425, 1989.