

거골 골절 탈구 후 무혈성 괴사의 장기 추시: 5예

부산대학교 의과대학 정형외과학교실, 부산의료원 정형외과학교실*

김병철*·최성종*·김휘택·류충일·정성원·은일수*·구정모*·김종균*

Long Term Follow-up of Avascular Necrosis after Talar Fracture and Dislocation: 5 Cases

Byung Cheol Kim, M.D.*, Sung Jong Choi, M.D.*, Hui Taek Kim, M.D., Chong Il Yoo, M.D., Sung Won Jung, M.D.,
Il Soo Eun M.D.*, Jeong Mo Ku M.D.*, Jong Kyun Kim, M.D.*

*Department of Orthopaedic Surgery, Pusan National University College of Medicine, Busan;
Department of Orthopaedic Surgery, Pusan Medical Center*, Busan, Korea*

=Abstract=

Purpose: To report our opinions of management about avascular necrosis following operative treatment of talar fracture and dislocation.

Materials and Methods: We followed up 5 patients who were diagnosed as talar avascular necrosis after operation of talar fracture and dislocation. Clinical and radiological analysis were performed. The mean age of patients was 36 years. There were 4 males and 1 females. The average follow up was 51 months. Hawkins scoring system was used as clinical evaluation.

Results: Regardless of radiological sclerotic finding, all patients showed satisfactory clinical result. Despite arthritic change in one patient, there were no further radiological and clinical deterioration to require salvage procedure.

Conclusion: Most avascular necrosis after operative treatment of talar fracture and dislocation showed satisfactory result with conservative treatment. Thus, salvage operation such as talectomy or ankle fusion should be reserved in cases of intractable ankle pain and claudication.

Key Words: Talar fracture and dislocation, Avascular necrosis

서 론

거골 골절은 족근골중에는 종골 골절 다음으로 흔한 골절이나 전체 골절 중 약 0.14%에서 0.32%를 차지하는 드문 골절이다¹⁰. 거골 표면은 근육이나 인대가 부착되지 않고 60~70%가 관절 연골로 구성되어 있어 혈액 공급이 취약하여 무혈성 괴사, 외상성 관절염, 불유합, 피부괴사 및 감염이 발생하기 쉬우며 침묵 변형, 족근 관절의 운동 장애 및 동통이 동반되므로 조기 정확한 치료가 경과에 미치는 영향이 크다고 하겠다^{11,12,15,19,20}. 특히 외상 후 거골 골절의 무혈성 괴사의 수술적 치료에 대한 의견은 많이 보고되

* Address for correspondence

Sung Jong Choi, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Pusan Medical Center

1330, Geoje-dong, Yeonje-gu, Busan, 611-072, Korea

Tel: +82-51-607-2865 Fax: +82-51-507-3001

E-mail: sjdoc@daum.net

었으나^{7,8,12,13)}, 무혈성 괴사의 임상 경과에 대한 보고는 드물다¹⁷⁾. 따라서 거골 골절 탈구 후 무혈성 괴사 발생시 다양한 정도의 동통을 가진 환자들에게 적절한 치료 방법 즉 보존적 치료를 할지 혹은 수술적 치료를 할지의 결정에 고심하게 된다. 이에 저자들은 거골 골절 탈구 후 수술적 치료 후 무혈성 괴사가 생긴 환자의 추시 관찰 결과를 보고하여 치료 방향에 대한 의견을 제시하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1996년 3월부터 2001년 3월까지 거골의 골절 탈구로 치료 하였던 환자 10명 중 무혈성 괴사가 발생하였고 최소 3년 이상 추시 가능한 5예에 대하여 임상 및 방사선적 결과를 분석하였다. 성별 분포는 남자 4예 여자 1예였고 수술 당시 환자의 평균 연령은 36세였으며 추시 기간은 평균 51개월(범위:44~58개월)이었다.

2. 평가 및 분석

일련의 방사선 검사로 무혈성 괴사의 진단을 하였다. 수상 후 6주에서 8주 단순 방사선 상에 보이는 Hawkins 징후^{3,7)}를 관찰하였으며 본 증례 5예 모두 Hawkins 징후가 보이지 않아 무혈성 괴사의 발생 가능성을 염두에 두고 임상적 및 방사선학적 추시 관찰을 하였다. 술전 골절 양상의 분류는 Hawkins 분류를 이용하였으며 II형 3예, III형 1예, IV형 1예로 분류되었다. 추시 단순 방사선 사진 상 거골 체부에서 보이는 경화 소견으로 무혈성 괴사의 유무를 의심할 수 있었으며, 자기 공명 영상 검사를 2예에서 외상 후 4개월째에 검사하였으며 이 경우 괴사의 범위까지 확인할 수 있었다. 외상 후 관절염이 지속되는 소견으로는 거골 체부 봉괴의 진행, 거골 주위 관절 간격 감소, 골극 및 골낭포 형성의 증가 등이 관찰되었다. 임상결과는 동통, 파행, 족관절 운동 범위, 거골 하 관절 운동 범위의 항목을 지닌 Hawkins scoring system⁸⁾에 의한 방법으로 측정하였다(Table 1). 13-15점은 우수(excellent), 10-12점은 양호(good), 7-9점은 보통(fair), 6점 이하는 불량(poor)으로 분류하였다.

2. 무혈성 괴사에 대한 조치

Table 1. Hawkins scoring system

Pain	Limp	Ankle motion	Subtalar motion
None (6)	Absent (3)	Full (3)	Full (3)
After activity (3)	Present (0)	Limited (2)	Limited (2)
		Fused (1)	Fused (1)
		Fixed deformity (0)	Fixed deformity (0)

Table 2. Details of 5 patients who had conservative treatment for avascular necrosis of the talus

Case	Sex	Age	Hawkins type	Operation method	Associated injury	Treatment of AVN [†]	Final ankle ROM [‡]	Final Hawkins score	F/U [§] period (months)
1	F	22	II	ORIF [*] with screw	Bimalleolar Fx	Partial WBG [¶]	-10° -30° (40°)	14 excellent	58
2	M	40	II	ORIF with screw	None	Partial WBG	-10° -30° (40°)	13 excellent	52
3	M	38	II	ORIF with screw	Acetabular Fx	No treatment	-20° -40° (60°)	13 excellent	49
4	M	41	IV	ORIF with screw	Medial malleolar Fx,	Partial WBG	-10° -20° (30°)	9 poor	54
5	M	40	III	ORIF with screw	Lateral malleolar Fx	Partial WBG	0° -30° (30°)	10 good	44

*ORIF; open reduction and internal fixation, [†]AVN; avascular necrosis, [‡]ROM; range of motion (dorsiflexion-plantar flexion), [§]F/U; follow up, ^{||}Fx; Fracture, [¶]WBG; weight bearing gait

수술적 치료는 적어도 추시 관찰 1년이 지난 후 고려하였으며 환자가 심한 동통을 호소하는 등 임상 증상의 악화를 보이고 단순 방사선 사진의 골 파괴 소견 및 골관절염 소견의 진행이 확실히 보이는 경우 외상후 관절염에 대한 조치로 족관절 고정술을 고려하였다. 추시 관찰 중 일단 무혈성 괴사가 의심되면 체중 부하를 금지시키고 6주간의 단하지 석고 고정, 6주간의 슬개건 지지 보조기를 이용하여 부분 체중 부하 보행을 시행한 후 점진적인 관절 운동 및 완전 체중 부하 보행을 시행하였다.

결 과

무혈성 괴사를 가진 5예 모두를 12주간 석고 붕대 및 보조기 착용 후 수술부위의 동통의 소실과 방사선학적 골유합의 증거가 보이면서부터 단계적 체중 부하 보행의 과정을 거치는 보존적인 치료만으로 만족할 만한 결과를 얻었다. Hawkins III형 골절을 수상한 후 방사선 추시상 외상성 관절염의 진행 소견을 보인 1예에서 족관절 고정술을 고려하였으나 환자 임상 증상 정도는 방사선적 관절염 진행 정도와는 달리 악화가 없어서 보존적 치료만으로도 일상 생활에 지장 없는 소견을 보였다.

1. 증례 1

38세 남자로 동측의 비구 골절을 동반한 환자에서 Hawkins II형의 골절에 대하여 전내측 도달법을 이용하여 관혈적 정복 및 내고정을 시행하였으며 수술 후 1년째 거골 체부에 경화 소견과 골절부의 골극 형성을 보였으나 방사선학적으로 완전한 골유합을 보였다. 추시 관찰 4년째 골경화 부위의 확대, 족관절 관절 간격의 감소 및 골극 형성의 증가 등 방사선학적 임상 증상 악화 소견을 보였으나 더 이상의 족관절 동통 및 파행 소견 없는 양상을 보였다(Fig. 1).

2. 증례 2

40세 남자로 동반 손상으로 전위가 없는 외과 골절을 동반한 Hawkins III형 후외측 도달법을 이용한 고정을 시행한 환자에서 추시 관찰 1년째 단순 방사선 사진상 거골 체부의 경화 소견을 보였다. 수술 후 3년 6개월 추시 방사선 사진상 경화 범위의 증가 및 거골 주위 골들의 불용성 위축과 골낭종 및 골극 형성이 증가된 관절염의 진행 소견이 관찰되었다. 이 경우 간혹 동통이 있고 족관절 운동이 제한적이거나 일상 생활에 지장이 없는 “양호”의 결과를 보였다(Fig. 2).



Figure 1. (A) Preoperative plain radiographs(AP and lateral views) of 38 years old man shows Hawkins type II fracture. (B) Postoperative plain radiographs taken 1 year after operation shows mild sclerosis beneath talar body and arthritic change such as bony spurs in talar neck. (C) Postoperative plain radiographs taken 3 years and 8 months after operation shows progressive arthritic changes and decreased ankle joint space. Despite such arthritic progression, there were no clinical exacerbation such as limp or decreased ankle motion.



Figure 2. (A) Preoperative plain radiographs (AP and lateral views) of 40 years old man shows Hawkins type III fracture combined with lateral malleolar fracture. (B) Postoperative plain radiographs taken 1 year after operation shows sclerotic changes in talar body. (C) Postoperative plain radiographs taken 3 years and 6 months after operation shows more significant sclerotic changes in talar body and arthritic changes around talus. Despite such radiological findings, the patient didn't complain ankle joint pain and showed favorable clinical result of Hawkins criteria "Good".



Figure 3. (A) Preoperative plain radiographs (AP and lateral views) of 41 years old man showing Hawkins type IV fracture with medial malleolar fracture and calcaneocuboidal subluxation. (B) Postoperative plain radiographs immediately after operation shows well reduced state. (C) Postoperative plain radiographs taken 4 years and 4 months after operation shows progressive arthritic changes and talus collapse. Despite such radiological findings, there was no remarkable ankle joint pain and showed clinical result of Hawkins criteria "Fair".

3. 증례 3

41세 남자로 동반 손상으로 내과 골절과 거중 관절 아탈구를 동반한 Hawkins IV형 환자에서 전내측 도달법의 이용한 관혈적 정복을 시행하였다. 비록 수술 후 단순 방사선 소견에서 조기 만족할 만한 정복을 보였으나 추시 관찰 단순 방사선 사진상 거골 체부의 경화와 거골체부의 붕괴 소견을 보였다. 이 경우도 장기 추시 관찰상 환자가 보행시 괴사에 의한 후족부 통증을 호소하지 않았고 족관절 운동이 반대쪽에 비해서 제한된 소견을 보였으나 족관절 유합술을 요하지 않았다(Fig. 3).

5예 모두에서 1년 이내에 무혈성 괴사의 진행과 관계 없이 골절부의 골유합 소견을 보였다. 대부분의 환자에서 초기에는 족관절 및 거골하 관절의 강직을 보였다. 운동 범위의 회복기간은 수술 후 2개월에서 12개월로 평균 6개월이었으며 회복에 걸리는 시간은 수상 당시 골편의 전위가 적은 Hawkins 분류 II에 속하는 3예에서 III, IV형에 속하는 2예 보다 빨랐다.

단순 방사선 사진상 무혈성 괴사의 진단은 1예에서는 수술 후 8주에 관찰되었으며 5예 모두에서 6개월에는 단순 방사선 사진 상 뚜렷하게 보였다. 골극 및 골낭포 형성, 관절 간격 협착, 거골 체부의 붕괴 등 외상 후 관절염 소견은 추시 관찰 1년 이후에는 더 진행하지 않는 양상을 보였으며 이후 임상 증상의 악화 소견은 보이지 않았다. Hawkins scoring system⁸⁾ 상 우수는 3예로 외상 후 동통이 없고, 족관절 운동 범위가 반대쪽과 차이가 없었다. 또한 양호 1예, 보통 1예의 결과를 보이는 군은 족관절 운동 범위가 반대쪽에 비해서 감소된 소견을 보였다.

고 찰

거골은 근육이나 건의 기시부나 부착부가 없는 유일한 골로 전, 후 거비골 인대, 비중 인대 및 삼각 인대 등으로 둘러져 있고 골밀도가 강하기 때문에 직접 외력을 받을 기회가 적다^{3,5,11,14)}. 또한, 거골은 제한된 부위를 통하여 혈류를 공급받으므로 연부조직의 손상이나 탈구가 동반된 골절시 혈류 장애를 일으키고, 관절내 골절에 속해서 퇴행성 관절염 및 운동 장애를 초래하기 때문에 임상적으로 중요하게 인지되었다^{3,9,15)}.

Hawkins는 처음으로 거골 경부 골절을 I, II, III형으로 분류하고 무혈성 괴사에 대하여 언급하였다. 이후 Canale와 Kelly가 III형에 거골두가 거주 관절(talonavicular joint)에서 탈골된 것을 IV형이라 추가하여 분류하였다. 무

혈성 괴사의 발생 빈도는 수상 당시의 손상 정도와 직접적으로 관련되어 있으며 I형에서는 13%, II형에서는 50%, III형에서는 84%를 보인다고 보고하였는데^{8,19)}, 이는 저자의 빈도와 유사하였다. 일부 저자들은 III, IV형의 경우 초기에 거골 절제술이나 족관절 유합술과 같은 구제술을 권유하고 있다^{4,6,7,13)}. 저자가 경험한 5예의 무혈성 괴사는 대부분 골경화 소견 및 외상 후 관절염을 보이는 소견이 있었으나 외래 추시 관찰시 동통과 파행 정도가 심하여 환자가 수술적 치료를 원하는 경우는 1예가 있었다. 이 경우 추시 관찰 상 동통 및 파행정도가 호전되는 소견을 보여 족관절 유합술 같은 구제술 없이 양호한 임상 경과를 보였다. 따라서, 비록 무혈성 괴사가 인지되더라도 주기적인 외래 추시 관찰을 통하여 환자의 동통 및 변형 등을 잘 고려하여서 구제술은 최종의 해결법으로 고려해야 할 것으로 보인다.

Hawkins 징후는 거골 골절 탈구 이후 6주에서 8주가 되면 족관절의 전후면 및 Mortise 방사선 검사로 거골 원개의 연골하골에 방사선 사진상 불용성 골조송증, 즉 방사성 투과성이 보이는 현상으로 이는 연골하 골에 혈관 울혈을 의미하며 Hawkins 징후가 보이는 경우 거골의 무혈성 괴사가 생기지 않는 소견으로 보고되고 있다^{8,11)}. 이는 고도의 민감도와 중등도의 특이성을 가진 검사로 보고되고 있으며 실제로 저자들이 경험한 5예의 거골의 무혈성 괴사 환자 중 수상 후 Hawkins 징후가 보이는 경우는 없었다.

외상 후 거골의 무혈성 괴사의 초기 진단 방법 중에 민감도가 높으며 위음성도가 낮은 자기 공명 영상은 수상 후 골유합이 되는 3개월 이후에 시행하는 것이 권유된다. 정상 경우 해면골(trabecular bone)에서 골두성분은 지방세포가 우세하며 이러한 지방세포는 T1 강조영상에서 고강도(high signal)로 보이며 무혈성 괴사의 초기 단계에서 불규칙하게 변형된 지방세포가 무혈성 괴사의 진단에 도움이 된다¹⁾. 거골의 무혈성 괴사는 고관절이나 슬관절의 무혈성 괴사와 비교하여 양호한 경과를 나타내며, 보존적인 치료로서 만족할만한 결과를 보인다. 이에 대하여 김 등¹¹⁾은 체중 부하 지점인 거골에서 골경화 소견은 보이나 골 붕괴 소견은 잘 보이지 않는 부분에 대하여 구체적인 연구가 필요할 것으로 보이며 거골의 무혈성 괴사의 양호한 임상 경과를 설명할 수 있는 점이라고 언급하였다.

거골 골절 탈구 이후 무혈성 괴사 예방법은 주위 연부 조직의 손상에 유의하면서 초기에 해부학적 정복과 내고정을 시행하는 것이 거골 주위 혈류 손상을 막는 방법이라고 보고된다^{17,21)}. 저자들의 경우 거골의 경부 골절의 치료 방법은 수상 이후 24시간 이내에 수술을 시행함을 원칙으로 하였으며, 4예에서 전경골근과 후경골근 사이를 박리하는 전

내측 접근법을 이용하였으며 이 경우 골절편의 정복이 용이하였다. 1예의 골절편의 전위가 적은 Hawkins III형에서 후외측 접근법을 이용하였다.

무혈성 괴사에 대한 치료로는 무체중 부하 보행과 부분 체중 부하 보행 등의 보존적인 치료와 괴사된 거골체부의 제거, 경골 유합술, 경종골 유합술, 거골 주위 유합술, 무릎 절단등의 수술적 치료가 있으나 상기 방법들은 장기 추시상 하지 길이 단축 및 족관절 운동 범위 감소등의 문제점이 야기된다^{6,7,18)}. 무혈성 괴사가 확인이 되면 거골 체부의 붕괴를 예방하기 위해 지속적인 무체중 부하 보행을 시행하는 것이 원칙이다. 그러나, 괴사가 사라지기까지는 최대 5년 이상 지속되는 경우가 있어 무체중 부하 보행을 시행하는 것이 불가능하므로 추시 관찰 중 일단 무혈성 괴사가 의심되면 체중 부하를 금지시키고 6주간의 단하지 석고 고정, 6주간의 슬개건 지지 보조기를 이용하여 부분 체중 부하 보행을 시행한 후 점진적인 관절 운동 및 체중 부하 보행을 시행하였다.

많은 저자들이 거골의 무혈성 괴사에 대하여 보존적인 치료만으로 만족할 만한 결과를 보였다고 보고하였다. Canale과 Kelly³⁾는 거골 경부 골절을 수상한 71예의 약 2/3의 환자에서 무혈성 괴사가 발생했으나 거골 제거술이나 이차적인 구제술이 필요하지 않다고 하였으며, 단하지 석고 고정후 체중 부하 보행시 골절의 함몰을 일으키지 않는 것을 보고하였다.

최근 각종 교통 사고 및 산재로 인한 추락이 원인이 되어 거골 골절 탈구의 빈도의 증가하고 있으며 거골 골절의 초기 손상 정도가 심하여 거골의 심한 전이를 가져와서 거골의 무혈성 괴사가 흔히 보이며 이때 환자 추시 관찰시 동통 및 파행으로 임상 증상 악화 시 자연 경과에 대한 보고가 드물어 수술적인 치료를 권유하기는 어려운 실정이다. 일반적인 수술의 적응증은 동통이 심하거나 보행이 불가능할 경우이다. 거골 절제술은 분쇄가 심한 거골 골절 탈구의 경우 적절한 치료가 될 수 있으나 불량한 기능적인 결과, 하지 단축, 현저한 종골 파괴를 초래함에 따라 더 이상 권유하지 않는다. Hawkins⁸⁾는 파행, 족관절과 거골하 관절의 운동범위 감소, 후족부의 넓어짐을 초래한다고 하였다. Blair²⁾는 활주되는 경골 골편을 이용한 경골 거골 유합술을 소개하였다. 그는 족부 길이의 유지, 거골 주상골 관절의 운동 보존, 정상적인 족관절 모양을 유지할 수 있다고 하였으나 고정되지 않은 이식과 체중부하의 전방 전이로 불완전한 가관절을 형성하여 심한 동통을 발생할 수 있는 문제가 있다. 이후 Blair방법을 변형한 여러 방법들이 소개되었는데, Morris 등¹⁶⁾은 전방 경골 이식에 대하여 나사를 이용하여 고정하였

고, 종골에 대하여 경골을 고정하기 위해 Steinmann pin을 이용하였다. Dennis⁵⁾는 Morris 등의 방법을 이용하여 내고정을 했음에도 불구하고 28%의 가관절이 발생하였다고 하였다.

경골 종골 유합술은 역학적으로 보다 안정적인 족관절을 유지할 수 있으나 후족부를 넓히고 하지 길이 단축을 초래하므로 여러 변형의 방법들이 소개되어 족관절 유합술에 대한 여러 연구들이 진행중이다.

결 론

1996년 3월부터 2001년 3월까지 거골 골절 탈구 이후 무혈성 괴사가 발생하고, 최소 1년 이상 추시 관찰 가능했던 총 5예를 대상으로 임상적인 결과, 방사선학적인 결과, 경과 및 치료증을 분석하였다.

장기간의 관찰 결과 거골의 무혈성 괴사의 경우 장기간의 보존적인 치료로 만족할 만한 결과를 얻었으며 이는 고관절이나 슬관절의 경우와는 다른 경과를 보였다. 따라서, 무혈성 괴사가 발생하여 단순 방사선 사진상 외상후 관절염 소견을 보이더라도 골절부의 유합에는 문제가 없었으며 환자의 임상증상은 양호한 소견을 보였다. 따라서, 족관절 유합술등의 구제술은 적어도 1년 이상의 추시 관찰 후 족관절의 동통이나 파행으로 수술이 불가피한 경우에 최후의 치료 방법으로 고려되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Adelaar RS: Avascular necrosis of the talus. *Orthop Clin N Am*, 35: 383-395, 2004.
- 2) Blair HC: Comminuted fracture and fracture dislocations of the body of astragalus. *operative treatment. Am J Surg*, 59: 37-43, 1943.
- 3) Canale ST and Kelly FB: Fractures of the neck of the talus. *J Bone Joint Surg*, 60-A: 143-156, 1978.
- 4) Coltart WD: Aviator's Astragalus. *J Bone Joint Surg*, 34-B: 545-566, 1952.
- 5) Dennis MD: Blair tibiotalar arthrodesis for injuries to talus. *J Bone Joint Surg*, 62-A: 103-107, 1987.
- 6) Dennison MG, Pool RD and Siamonis RB: Tibiocalcaneal fusion for avascular necrosis of talus. *J Bone Joint Surg*, 83-B: 199-203, 2001.
- 7) Harold B, Kitaka and Gary LP: Arthrodesis for the treatment of arthrosis of ankle and osteonecrosis of the talus: *J Bone Joint Surg*, 80-A: 370-379, 1998.
- 8) Hawkins LG: Fractures of the neck of talus. *J Bone Joint Surg*, 52-A: 991, 1970.
- 9) Jarde O, Boulu G, Havet E, et al: Complete transverse

- fractures of the talus: value of magnetic resonance imaging for detection of avascular necrosis. Acta Orthop Belg, 67: 60-67, 2001.*
- 10) **Kenwright J and Taylor RG:** *Major injuries of the talus. J Bone Joint Surg, 52-B: 36-48, 1970.*
 - 11) **Kim I, Lee SK, Kim SS, et al:** *The fracture of the talar neck. J Korean Orthop Assoc, 27: 169-175, 1992.*
 - 12) **Lorentzen JE, Christensen SB, Krogsoe O and Sneppen O:** *Fractures of the neck of the talus. Acta Orthop Scand, 48: 115-120, 1977.*
 - 13) **Low CK, Chong CK, Wong HP, et al:** *Operative treatment of displaced talar neck fractures. Ann Acad Med Singapore, 27: 263-266, 1998.*
 - 14) **Metzger MJ, Levin JS and Clancy JT:** *Talar neck fractures and rates of avascular necrosis. J Foot Ankle Surg, 38: 154-162, 1999.*
 - 15) **Multifinger GL and Trueta J:** *The blood supply of the talus. J Bone Joint Surg, 52-B: 160-167, 1970.*
 - 16) **Morris HD, Hand WL and Dunn AS:** *The modified Blair fusion for fractures of the talus. J Bone Joint Surg, 53-A: 1289, 1971.*
 - 17) **Pajenda G, Vecsei V, Reddy B and Heinz T:** *Treatment of talar neck fractures: clinical results of 50 patients. J Foot Ankle Surg, 39: 365-375, 2000.*
 - 18) **Pantazopoulos T, Galanos P, Vayanos E, et al:** *Fractures of neck of the talus. Acta Orthop Scand, 45: 296, 1974.*
 - 19) **Penny JN and Davis LA:** *Fractures and fracturedislocation of the neck of the talus. J trauma, 10: 1029-1037, 1980.*
 - 20) **Peterson L, Goldie IF and Irstam L:** *Fracture of the neck of the talus: Acta Orthop Scand, 48: 696-706, 1977.*
 - 21) **Talkhani IS, Reidy D, Fogarty EE, et al:** *Avascular necrosis of the talus after a minimally displaced neck fracture in a 6 year old child. Injury, 31:63-65, 2000.*