JKFAS Journal of Korean Foot and Ankle Society
Original Article
pISSN 1738-3757 eISSN 2288-8551
J Korean Foot Ankle Soc 2015;19(4):161-164
http://dx.doi.org/10.14193/jkfas.2015.19.4.161

거골 경부 골절 이후 발생한 부분적인 골괴사의 3차원 부피 분석

나웅채, 이준영, 박상하, 박형석

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

Three-Dimensional Volume Analysis of Partial Avascular Necrosis after Talar Neck Fracture

Woong Chae Na, Jun Young Lee, Sang Ha Park, Hyung Seok Park

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

Purpose: The purpose of this study is to define the geographic patterns of partial avascular necrosis (AVN) of the talar body and to determine whether there were any predictors of both the location and occurrence of partial AVN.

Materials and Methods: Nineteen patients with fracture of the talar neck treated by open reduction and internal fixation and followed up for more than 1 year were analyzed. The radiographs were examined 6 to 8 weeks after the operation for Hawkins sign and if it was not observed, magnetic resonance scans were performed. The three-dimensional analysis was performed using Mimics 17.0 (Materialise). The incidence of collapse and time to operative intervention was recorded.

Results: Partial AVN of the talar body was observed in six out of 19 patients. The avascular segment of the talar body was located predominantly in the anterolateral portion. The average volume of the avascular segment was 289 mm^3, and it occupied 1% of total volume of the talus, and 10% of the talar dome. Collapse occurred in one patient in the area of the avascular process. There were no observable trends with regard to Hawkins classification, incidence of collapse, or time to operative intervention to the location of the avascular segment.

Conclusion: Partial AVN can occur after fracture of the talar neck. The predominant location of the avascular segment was the anterolateral portion of the talar body. This information may be helpful to understanding the process of avascular necrosis of the talar body.

Key Words: Talus, Avascular necrosis, Volume analysis, Mimics

서 론

거골의 무혈성 괴사는 거골 경부 골절 후 발생할 수 있는 합병증으로, 급성 외상 시 손상의 정도에 따른 거골 몸체에 혈액 공급의 손실로 인하여 발생한다.[1-5] 과거에는 무혈성 괴사를 'all-or-nothing' 현상으로 생각하였는데[3] 이는 단순 방사선학적인 검사로는 미세한 국소적 변화를 확인할 수 없으며, 부분적으로 발생하는 무혈성 괴사의 경우 자기공명영상 검사(magnetic resonance imaging, MRI)와 같은 정교한 영상을 사용하지 않으면 식별하기 어렵기 때문이다. 지금까지 보고된 문헌에 따르면, 부분적인 무혈성 괴사의 정의는 명확하지 않으나 일반적으로 무혈성 괴사의 경우 전층을 침범하고 있는 경우를 말하며 부분적인 무혈성 괴사는 전층을 침범하지 않는 국소적인 괴사 형태를 의미한다(Fig. 1).[6]

이 연구의 목적은 거골 경부의 전위된 골절 이후 거골 몸체에 발생한 부분적인 무혈성 괴사에 대하여 본원에서 발생하였던 일련의 사례를 보고하기 위함이며, 특히 이러한 국소적인 패턴의 더 나은 이해를 위해 3차원(three-dimensional, 3D) 부피 분석을 통하여 부분적인 무혈성 괴사의 지리적 패턴에 대한 분포를 확인하고자 하였다. 또한 골절이나 치료에 따른 부분적인 무혈성 괴사의 호발 부

Received June 15, 2015 **Revised** August 25, 2015 **Accepted** November 4, 2015
Corresponding Author: Jun Young Lee
Department of Orthopaedic Surgery, Chosun University Hospital,
365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61453, Korea
Tel: 82-62-220-3147, Fax: 82-62-226-3379, E-mail: leejy88@chosun.ac.kr

Financial support: This work was supported by a grant from the Clinical Medicine Research Institute of the Chosun University Hospital (2014).
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.

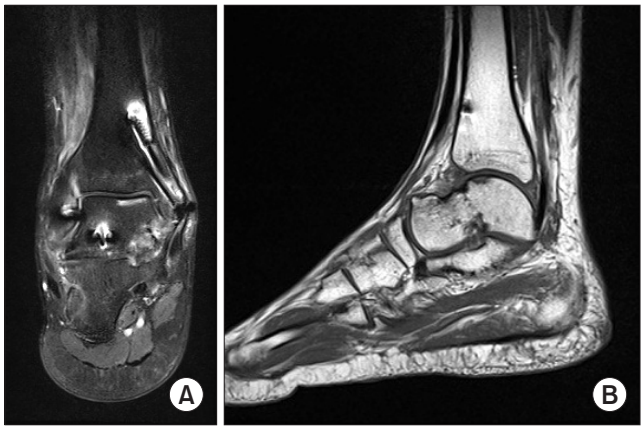

Figure 1. (A) The criterion for the establishment of partial avascular necrosis was based on clear magnetic resonance imaging (MRI) proton density weighted imaging evidence. Coronal plane MRI proton density fat suppression image shows the avascular fragment in the anterior of the talus. (B) Same image with the sagittal plane MRI T1-weighted image shows the avascular fragment in the anterior quadrant.

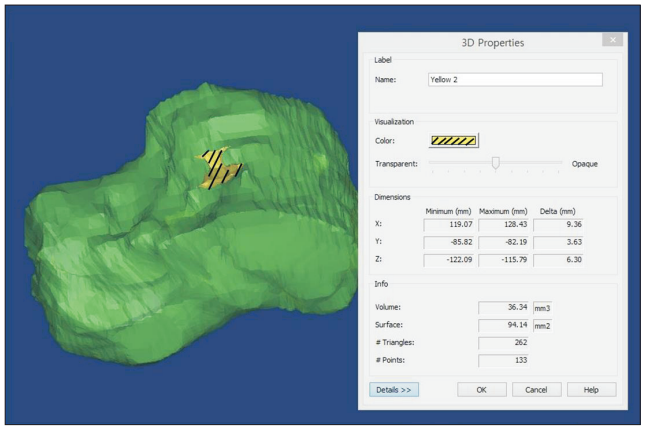

Figure 2. The three-dimensional (3D) image of a talus made by Mimics (Materialise) shows avascular fragment. The area of oblique line is avascular fragment. And we can get the volume and the surface of it from 3D properties.

위 및 경과를 관찰하고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구는 조선대학교병원 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다(2015-04-006). 표본의 포함기준으로는 조선대학교병원에서 거골 경부 골절 진단하에 관혈적 정복 및 내고정을 시행한 환자로, 수술 이후 6~8주 단순 방사선학적인 검사상 Hawkins sign이 관찰되지 않은 환자 중 평균 3개월(2~6개월)에 MRI를 시행하였으며, 적어도 1년 이상의 추시가 가능하였던 19명을 대상으로 하였다. 비관혈적 정복을 시행하였거나 추시가 안되었거나 MRI가 시행되지 않은 경우는 배제하였다. 2009년 3월부터 2012년 5월까지 거골 경부 골절로 인하여 수술적 처치를 시행한 환자의 의무기록과 영상자료에 대해 후향적 연구를 시행하였다.

연령, 골절의 양상(Hawkins classification), 수술적 처치가 시행되기까지의 소요된 시간 등을 기록하였고 단순 방사선 검사를 수술 이후 각각 6주, 12주 및 1년에 시행하였으며, MRI는 동종의 촬영 장치(Avanto MRI 1.5T; Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하였다. 골절 6주 후에 Hawkins sign이 보이지 않아 무혈성 괴사가 있는 것으로 판단되더라도 골절 유합 시까지 최소 2개월간 체중부하를 금지하였고, 임상적으로 압통이 없으며 방사선학적인 검사상 전후, 측면상에서 골유합 소견이 관찰될 때 유합이 되었다고 판단하였다. 그러나 골의 변화가 안정될 때까지 비체중부하를 하는 것은 현실적으로 어려움이 있어 거골에 가해지는 힘을 어느 정도 감소시키고, 내반 및 외반이 되지 않도록 하는 슬개 건부하 보조기를 골유합이 된 후부터 거골 체부가 완전히 재건될 때까지 착용하였다.

부분적인 무혈성 괴사의 진단은 MRI에서 관상면, 시상면, 축상면의 T1 강조 영상 또는 지방 억제 영상에서 음영의 변화 유무를 기준으로 하였다.[6] 이를 통하여 부분적인 무혈성 괴사 여부를 확인하고, 이 정보를 바탕으로 MRI에서 각각 관상면, 시상면, 축상면의 이미지를 얻어 3D 이미지 프로세싱 프로그램인 Mimics 17.0 (Materialise, Louvain, Belgium)을 이용해 3D로 이미지를 추출하였다. 분석을 시행하여 부분적인 무혈성 괴사가 발생한 부분을 확인하였으며, 부분적인 무혈성 괴사가 발생한 부위의 부피 및 표면적을 구하였다(Fig. 2). 통계적인 분석은 환자 수가 너무 적고 정규 분포를 보이지 않기 때문에 Mann Whitney U test를 이용하였고 통계적인 유의수준은 p값이 0.05 이하인 경우로 하였다(IBM SPSS Statistics version 22.0; IBM Co., Armonk, NY, USA).

결 과

총 19명의 환자 중, 추시 MRI상 12명은 정상 소견을 보였고 1명에서는 일반적인 무혈성 괴사를 보였으며, 6명에서 부분적인 무혈성 괴사 소견을 보였다. 이 6명은 모두 남성이었고 평균 연령은 41.1세(27~59세)였으며, 수상 기전으로는 1명의 추락 사고를 제외하고 나머지는 교통 사고에 의한 수상이었다(Table 1). 골절 양상으로는 각각 3명씩 Hawkins classification II 및 III형 소견을 보였고 모든 환자군에서 관혈적 정복술 및 내고정을 시행하였다(Fig. 3). 수술적 처치가 시행되기까지 소요된 시간은 평균 6.1시간(4~10시간)이었다.

부분적인 무혈성 괴사는 모든 환자에서 거골 체부의 전외측 부위에서 관찰되었다(Fig. 1). 평균 괴사의 부피는 289 mm^3 (36~509 mm^3)였고 이는 거골 전체 부피의 약 1% (0.3%~4%)에 해당하며, 거골 원개의 약 10% (6%~37%)에 해당하였다. 괴사 과정에서 경도의 붕괴가 1에 발생하였다. 붕괴가 있었던 환자의 무혈성 괴사

Table 1. Charateristic of Patients

Patient No.	Age (yr)/sex	Injury mechanism	Hawkins classification	Surgical approach	Time to reduction (hr)	Volume of AVN (mm^3)
1	36/M	Fall down	III	Med	4	509
2	59/M	Car TA	II	Med/Lat	6	36
3	47/M	Car TA	III	Med	4	211
4	31/M	Car TA	III	Med	6	375
5	47/M	Car TA	II	Med/Lat	7	327
6	27/M	Bike TA	II	Med/Lat	10	276
Mean	41.1				6.1	289

M: male, TA: traffic accident, Med: medial, Lat: lateral, AVN: avascular necrosis.

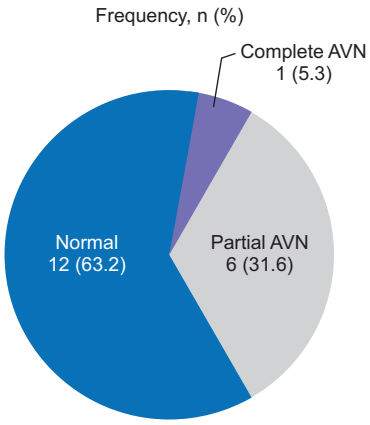

Figure 3. The chart shows the frequency of normal, complete avascular necrosis (AVN), and partial AVN. There were 6 partial AVN. Three cases were Hawkins type II and 3 cases were Hawkins type III.

부위의 체적(부피)은 327 mm^3로, 거골 전체 부피의 약 1.5%에 해당하며 거골 원개의 약 17%를 차지하였지만 특별한 유의성을 보이지 않았다. 골절의 양상, 연령, 수술적 처치가 시행되기까지의 소요된 시간 등과 부분적인 무혈성 괴사가 발생하는 부위와는 특별한 연관을 보이지 않았다(p>0.05; Table 2).

Table 2. Statistical Analysis of the Correlation with Age, Time to Reduction and Partial AVN

Category	Normal group (n=12)	Partial AVN (n=6)	p-value
Age (yr)	35.8 (17~60)	41.1 (27~59)	0.404
Time to reduction (hr)	6.8 (3~12)	6.1 (4~10)	0.733
Fracture type	I: 9, II: 2, III: 1	I: 0, II: 3, III: 3	

Values are presented as mean (range).
There is no significant correlation with age, time to reduction and partial AVN.
AVN: avascular necrosis.

고 찰

거골 경부 골절 후 불완전한 형태의, 부분적인 패턴을 보이는 무혈성 괴사는 이전에도 여러 저자들에 의해 언급된 적이 있다.[5,7-10] 본 연구에서 거골 원개의 전외측에 우세하게 발생한 부분적인 무혈성 괴사는 거골 체부 내측에 혈액을 공급하는 동맥의 손상에 의한 영향으로 추측해 볼 수 있다. 거골의 혈액 공급은 매우 복잡하고 큰 관절 표면으로 인해 손상에 취약하다는 것이 밝혀져 있다.[11-15] 거골 체부로 가는 동맥 가지는 삼각 동맥(deltoid artery), 족근관(tarsal canal) 동맥과 족근동(tarsal sinus) 동맥으로부터 기인한다. 족근관 동맥은 후 경골 동맥에서 유래하여 거골의 하면으로 주행하고 이 동맥은 거골 체부의 내측 1/3에 혈액 공급을 한다. 거골 체부의 외측 부분은 족근관 동맥과 족근동 동맥이 섞여 문합을 이뤄 대부분의 혈액 공급을 받게 된다. Kelly와 Sullivan[13]에 의한 연구에서도 족근관 동맥과 족근동 동맥의 문합으로부터 거골에 대한 대부분의 혈액 공급이 이루어진다는 것을 보여주었다.

Hawkins classification II~IV형 손상에서는 저명한 거골하 관절의 탈구가 있기 때문에 족근동 동맥의 손상을 암시할 수 있으며, 이로 인하여 본 연구에서 보인 전외측 부위의 부분적인 무혈성 괴사에 대하여 설명이 가능할 것으로 생각된다. 족근동 부위의 혈관 손상으로 허혈이 지속되고 나머지 족근관 동맥으로부터 혈액 공급을 받게 되어 거골의 전외측 부위의 국소적인 허혈성 변화가 발생하는 것으로 추측해볼 수 있다. 혈액 공급의 관점에서만 생각해 본다면, 전외측 부위보다 후외측 부위가 더욱 허혈성 손상에 취약할 것으로 생각될 수 있다. 그러나 후외측 부위의 경우 후방 결절(posterior tubercle) 부위로부터 불충분하지만 지속적인 혈액 공급을 받을 수 있어 허혈성 손상에 대하여 어느 정도 완충 작용을 할 수 있다.[6] 본 연구에서 부분적인 무혈성 괴사의 전외측 부위에서 우세한 발생은 이러한 국소적인 괴사의 발생이 거골 체부에 혈액을 공급하는 혈관 중 선택적인 손상에 의해 발생할 수 있다는 것을 강하게 시사하고 있다. 또한 거골의 혈액 공급은 골내 혈관 공급에 의존하지 않으며, 국소적인 동맥 공급에 의해 조절된다는 것을 추측해 볼 수 있다.[11-15]

거골 경부 골절 이후 발생하는 붕괴를 예측할 수 있는 지표가 확립되지 않았기 때문에 부분적인 무혈성 괴사의 궁극적인 임상적 의의 또한 알 수 없고, 이는 일반적인 무혈성 괴사의 경우에도 마찬가지다. 하지만 무혈성 괴사의 발생을 연속선상의 과정으로 본

다면 부분적인 무혈성 괴사는 거골 체부의 일반적인 무혈성 괴사보다 덜 병적인 것으로 추정할 수 있으며, 붕괴의 가능성은 골의 무혈성 부위가 차지하는 부피에 비례한다는 가정을 할 수 있다.[16] 이전 문헌에 따르면, 거골 체부의 50% 이상의 부위를 침범하는 무혈성 괴사의 경우 붕괴가 더욱 잘 일어날 것이라는 보고가 있다.[16] 그러나 본 연구에서 얻은 정보로부터 거골 원개의 붕괴를 예측할 수 없었고 붕괴가 있었던 환자는 1명으로 Hawkins classification II형 손상이었으며, 내측과 외측 접근법을 이용하여 수술적 처치를 시행하였다. 붕괴의 유무와 환자의 무혈성 괴사 부위의 체적(부피) 사이에는 유의성을 확인하기에는 표본수가 적어, 붕괴의 가능성이 골의 무혈성 괴사 부위가 차지하는 체적(부피)에 비례한다는 가정을 입증하기에는 어려움이 있었다.

본 연구를 통해 우리는 거골의 부분적인 무혈성 괴사에 관한 3D 부피 분석을 하였고, 이는 부분적인 무혈성 괴사 부위를 시각화 및 정량화함으로써 지형적인 패턴을 분석하는 데 충분히 효과적인 방법이라고 생각한다. 아직은 3D 부피 분석을 이용한 연구의 첫 번째 단계로, 부분적인 무혈성 괴사를 분석하여 괴사 과정을 완전히 이해하는 데는 어려움이 있을 수 있다. 하지만 이를 토대로 더 많은 표본을 대상으로 하여 부분적인 무혈성 괴사를 분석한다면 괴사 과정에 대한 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

부분적인 무혈성 괴사는 거골의 경부 골절 이후 발생할 수 있으며, 부분적인 무혈성 괴사가 발생하는 우세한 위치는 거골의 전외측 부위였다. 이러한 관찰 결과는 거골의 혈액 공급에 손상되는 위치와 대응되며, 부분적인 무혈성 괴사의 발생 과정에 대한 이해를 하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. **Archdeacon M, Wilber R.** *Fractures of the talar neck. Orthop Clin North Am. 2002;33:247-62.*
2. **Donnelly EF.** *The Hawkins sign. Radiology. 1999;210:195-6.*
3. **Hawkins LG.** *Fractures of the neck of the talus. J Bone Joint Surg Am. 1970;52:991-1002.*
4. **Henderson RC.** *Posttraumatic necrosis of the talus: the Hawkins sign versus magnetic resonance imaging. J Orthop Trauma. 1991;5:96-9.*
5. **Penny JN, Davis LA.** *Fractures and fracture-dislocations of the neck of the talus. J Trauma. 1980;20:1029-37.*
6. **Babu N, Schuberth JM.** *Partial avascular necrosis after talar neck fracture. Foot Ankle Int. 2010;31:777-80.*
7. **Comfort TH, Behrens F, Gaither DW, Denis F, Sigmond M.** *Long-term results of displaced talar neck fractures. Clin Orthop Relat Res. 1985;(199):81-7.*
8. **Tehranzadeh J, Stuffman E, Ross SD.** *Partial Hawkins sign in fractures of the talus: a report of three cases. AJR Am J Roentgenol. 2003;181:1559-63.*
9. **Peterson L, Goldie IF, Irstam L.** *Fracture of the neck of the talus. A clinical study. Acta Orthop Scand. 1977;48:696-706.*
10. **Tezval M, Dumont C, Stürmer KM.** *Prognostic reliability of the Hawkins sign in fractures of the talus. J Orthop Trauma. 2007; 21:538-43.*
11. **Gelberman RH, Mortensen WW.** *The arterial anatomy of the talus. Foot Ankle. 1983;4:64-72.*
12. **Haliburton RA, Sullivan CR, Kelly PJ, Peterson LF.** *The extra-osseous and intra-osseous blood supply of the talus. J Bone Joint Surg Am. 1958;40:1115-20.*
13. **Kelly PJ, Sullivan CR.** *Blood supply of the talus. Clin Orthop Relat Res. 1963;30:37-44.*
14. **Mulfinger GL, Trueta J.** *The blood supply of the talus. J Bone Joint Surg Br. 1970;52:160-7.*
15. **Peterson L, Goldie I, Lindell D.** *The arterial supply of the talus. Acta Orthop Scand. 1974;45:260-70.*
16. **Thordarson DB, Triffon MJ, Terk MR.** *Magnetic resonance imaging to detect avascular necrosis after open reduction and internal fixation of talar neck fractures. Foot Ankle Int. 1996;17:742-7.*