



# 거골 골연골병변: 하지 정렬을 교정하면 거골 골연골병변이 좋아질까?

김유미, 김경일, 한 별

원광대학교 의과대학 산본병원 정형외과학교실

## If the Lower Extremity Alignment is Corrected, Will Osteochondral Lesions of the Talus Improve?

Yu Mi Kim, Kyung Il Kim, Byeol Han

Department of Orthopedic Surgery, Wonkwang University Sanbon Hospital, Wonkwang University School of Medicine, Gunpo, Korea

Increased loading in a localized area is a possible cause of pain-related osteochondral lesions of the talus (OLT), but the reported effects of realignment surgery for OLT have been anecdotal. Moreover, no report of realignment surgery for OLT could be found in the English literature. This study reviewed previous articles on lower extremity alignment and OLT to determine if OLT can be treated with realignment surgery.

**Key Words:** Osteochondral lesion of the talus, Lower extremity alignment, Realignment surgery

### 서론

현재까지 시행되고 있는 거골의 골연골병변(osteochondral lesion of the talus, OLT)에 대한 수술적 치료는 대부분 병변 자체에 대한 치료 방법들로 전통적으로 손상된 연골의 회복을 유도하는 방법(repair), 연골을 재생시키는 방법(regeneration), 그리고 연골을 대체하는 방법(replacement) 등이 큰 축을 이루고 있으며<sup>1,2)</sup> 최근에는 연골에 대한 생물학적 강화 요법(biological augmentation)으로 연골의 자가 회복 기능을 강화하기 위해 혈소판 풍부 혈장(platelet-rich plasma), 농축 골수 추출액(concentrated bone marrow aspirate) 등을 사용하는 방법들이 시도되어 점차 그 사용 빈도가 증

가하고 있다.<sup>1-4)</sup> 앞에서 언급된 골연골병변 자체에 대한 치료는 과거로부터 현재까지 끊임없이 연구되고 있는 치료의 주된 축이라 할 수 있다.

일부에서는 골연골병변 자체에 대한 치료가 아닌 발목관절이나 인접 관절의 정렬을 교정하여 골연골병변을 이차적으로 회복시킬 수 있지 않을까라는 가정하에 연구들을 진행해오고 있다. 이에 대한 연구들은 아직 초기 단계이며 치료의 주축과는 다른 비주류의 치료 방법이라 할 수 있다.<sup>5-7)</sup>

거골의 골연골병변에 대한 확실한 치료법이 아직 정립되지 않은 가운데 병변 자체를 치료하는 고전적인 방법이 아닌, 현재 서서히 언급되고 있으나 아직 잘 알려지지 않은 하지 정렬의 교정에 대한 치료에 대하여 그 근거와 임상적 결과 등을 조사 및 정리하여 알아보고 향후 거골 골연골병변 치료의 새로운 축이 될 수 있을지 알아보고자 한다.

### 본론

발목관절의 한쪽 부분에 하중이 집중되면 압력이 집중된 부분의 연골에 퇴행성 변화가 진행할 수 있다고 알려져 있다.<sup>8-17)</sup> 따라서 이 전부터 여러 연구자들이 꾸준히 발목관절의 부정 정렬에 대한 수술

Received May 12, 2020 Revised May 27, 2020 Accepted May 28, 2020

Corresponding Author: Yu Mi Kim

Department of Orthopedic Surgery, Wonkwang University Sanbon Hospital, Wonkwang University School of Medicine, 321 Sanbon-ro, Gunpo 15865, Korea  
Tel: 82-31-390-2224, Fax: 82-31-398-2223, E-mail: castkim@hanmail.net  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2693-6117>

This article was presented at Korean Foot and Ankle Society Symposium June 15, 2019.

**Financial support:** This study was conducted with the support of Wonkwang University in 2019.

**Conflict of interest:** None.

Copyright © 2020 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.

적 교정(realignment surgery)으로 발목관절의 관절염을 치료하기 위해 노력하고 있으며 지금까지도 활발히 연구 중이다.<sup>8-17)</sup> 거골의 골연골병변의 원인 중 국소 부위의 압력 증가도 그 원인 중 하나로 언급되고 있어 거골 골연골병변에서도 발목관절의 내측, 외측 관절염에서와 마찬가지로 부정 정렬을 교정하여 치료할 수 있지 않을까 가정해 볼 수 있으나 지금까지의 여러 논문과 저서들을 추적해 본 결과 현재까지 거골의 골연골병변을 부정 정렬을 교정하는 수술로 치료한 보고는 찾기 힘들었다.

그러나 과거에 발표되었던 몇몇 보고들에서 부정 정렬을 교정하는 수술적 치료로 거골의 골연골병변의 호전을 기대할 수 있는 근거가 될 수 있는 보고들을 찾을 수 있어 먼저 이들을 소개 분석하고자 한다.

1. 발목관절의 관절염에서의 하지 정렬 교정술(realignment surgery for ankle arthritis)

발목관절은 연골이 얇지만 상합성이 높아 넓은 부위로 압력이 분산되어 단위 면적당 연골에 가해지는 스트레스가 감소한다. 그러나 골절의 부정 유합 등에 의하여 관절의 접촉 면적이 감소할 경우 남은 연골에 대한 부하는 크게 증가한다.<sup>8-16)</sup> 정상적인 선열을 가진 발목관절에서는 큰 문제가 없겠지만 발목관절의 내반 및 회외 변형이 있을 경우 거골의 일정 부위에 국소 압력이 더욱 증가한다. 즉, 내반 및 회외 변형이 있을 경우에는 거골의 내측에, 외반 및 회내 변형이 있을 경우에는 거골의 외측에 최대 압력이 가해지게 된다. 따라서 골연골병변 부위에 체중부하가 집중될 정도의 부정 정렬이 있다면 선열을 교정하기 위한 과상부 절골술(supramalleolar osteotomy)이나 종골 절골술(calcaneal osteotomy) 등의 적응증일 것이다.<sup>13,14)</sup> 내·외측 관절염에서 하지의 정렬을 교정하는 수술적 치료로 많은 저자들이 과상부 절골술을 시행하며,<sup>8-14)</sup> 그 외에 후족부의 정렬을 교정하기 위한 종골 절골술,<sup>5,17-19)</sup> 근위 경골의 변형이 있는 경우에는 근

위 경골 절골술(high tibial osteotomy),<sup>6)</sup> 족부의 변형이 발목관절염의 원인인 경우에 족부의 변형을 교정하기 위한 여러 가지 절골술 등이 시도되고 있다.<sup>5,8-19)</sup>

2. 거골의 골연골병변에서 하지 정렬을 교정하여 치료할 수 있는 근거가 되는 보고들

한쪽에 하중이 집중된 거골에 하중을 분산시키기 위한 수술적 치료로 많은 저자들이 발목관절의 과상부 절골술을 선호하고 있고 주로 발목관절의 관절염에서 많은 연구들이 이루어지고 있다.<sup>8-17)</sup> 그러나 후족부의 정렬을 교정하여 거골 골연골병변이나 내외측 관절염을 치료하는 보고들은 쉽게 찾아볼 수 없었다. 과거의 보고들을 검색하여 본 결과 종골의 절골술이 발목관절에 가해지는 압력에 영향을 줄 수 있다는 몇몇 생역학적인 연구(biomechanical study)들을 찾아볼 수 있었다.<sup>17,18)</sup> Steffensmeier 등<sup>17)</sup>은 종골의 내·외측 전위 절골술(medial and lateral displacement calcaneal osteotomy)이 발목관절 접촉 응력(tibiotalar joint contact stress)에 미치는 영향에 대한 생역학적 연구를 시행하였다. 8개의 동결 사체에서 발목관절로부터 근위 20 cm 부위에서 절단하여 준비하고 거골의 관절면은 외측에서부터 내측으로 구역 1~4 (zone 1~4)로 나누었다. 우선 종골에 절골술을 가하지 않은 중립의 상태에서 1,330 N의 축방향 하중(axial load)을 주고 그 후 종골을 내측 1 cm 전위시킨 경우와 외측 1 cm 전위시킨 경우에 동일한 축방향 하중을 주었다(Fig. 1).<sup>17)</sup> 세 가지 군에서 거골의 관절면에 가해지는 변화를 관찰하였다. 다른 지표들(global contact area, spatial mean contact stress, peak contact stress level)에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 구간 접촉 응력(regional contact stress parameter)에는 유의한 차이가 있었고 특히 가장 외측인 외측 거골 관절면(lateral talar dome)에서 가장 큰 변화가 일어난 것을 관찰하였다. 이를 토대로 종골의 내측 전위 절골술로 발목관절면, 특히 발목관절의 외측에 가해지는 과

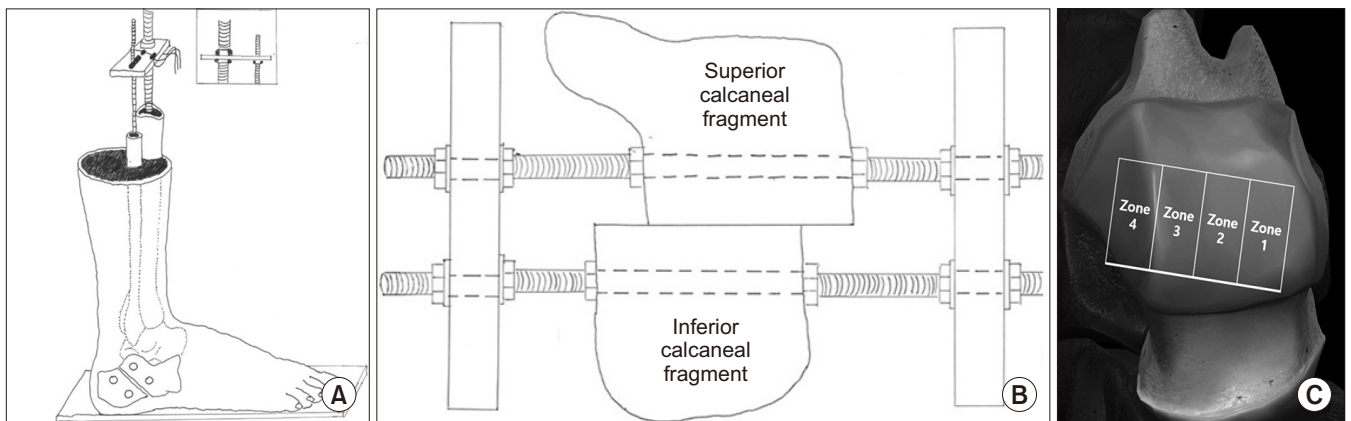
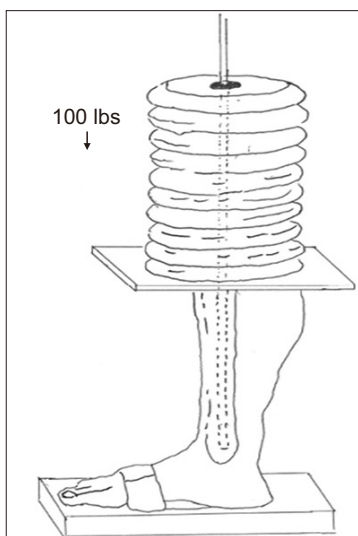


Figure 1. Effects of medial and lateral displacement calcaneal osteotomies on tibiotalar joint contact stresses (by Steffensmeier et al.<sup>17)</sup>) (A) Prepare 8 fresh frozen cadaver. (B) Calcaneus was osteotomized and then displaced inferior fragment 1 cm medial and lateral side. (C) Divide talar dome for 4 zone (lateral to medial).

부하를 감소시켜 통증을 줄여주고 퇴행성 변화를 늦출 수 있을 것이라 예상할 수 있었다. 비슷한 연구로 Fairbank 등<sup>18)</sup>은 정상 하퇴부 사체 모델과 인위적으로 후경골근건, 스프링 인대 등을 절단하여 편평족으로 만든 하퇴부 사체 모델에서 역동적 수동 부하(dynamic manual loading)를 가했을 때의 발목관절면의 변화를 관찰하여 보고하였다(Fig. 2). 정상 모델에서는 내측 전위 절골술을 시행한 경우에만 접촉면(contact area)에 유의한 변화가 있었으며 편평족 모델에서는 내측과 외측 전위 절골 모두에서 접촉면에 유의한 변화가 일어났다. 이러한 생역학적 보고들을 토대로 종골의 전위 절골술이 발목관절에 미치는 압력을 영향을 줄 수 있다고 유추할 수 있으며 내측이나 외측에 국한된 거골의 골연골병변이나 관절염에서도 후측부의 정렬을 교정하면 치료에 도움이 될 것으로 기대된다. 임상 보고로 Lee 등<sup>13)</sup>은 발목관절염 환자에 있어서 종골의 전위 절골술과 인대 재건술로도 임상적 호전을 보일 수 있다고 발표하였는데 이를 내측이나 외측에 국한된 거골의 골연골병변(focal osteochondral lesion of the talus)에도 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 거골의 골연골병변과 하지 정렬 교정에 대한 임상 보고들

Easley와 Vineyard<sup>5)</sup>는 내반 변형(varus ankle)을 가진 거골 골연골병변 환자의 치료 계획에 대해 문헌 조사와 그들의 경험을 정리하였다. 저자들은 이러한 환자들에 대한 수술적 치료를 골연골병변 자체에 대한 치료와 발목관절과 후측부의 축을 재정렬하는 치료의 두 축으로 나누었다. 저자들은 거골 골연골병변에 가해지는 기계적인 편심성 과부하(mechanical eccentric overload)가 골연골병변에 연관된 증상을 악화시키는 주된 요인이기는 하지만 대부분의 거골 골연골병변 환자에서 정상 하지 축을 보이므로 하지 축을 재정렬



**Figure 2.** The effect of calcaneal osteotomy on contact characteristics of the tibiotalar joint (Fairbank et al.<sup>18)</sup>). Manual dynamic load was applied to normal ankle model and artificially made flat foot model.

하는 것만으로 골연골병변으로 인한 증상을 완전히 없앨 수는 없을 것이라 보고 비수술적인 치료에 실패한 환자에서 골연골병변 자체에 대한 수술적 치료를 시행하고, 동시에 또는 단계적(simultaneous or staged)으로 골연골병변에 가해지는 압력을 줄여주기 위해 하지 축을 재정렬하는 수술을 부가적으로 시행하는 것이 좋겠다고 하였다.

독일에서 발표된 흥미로운 연구로 Paul 등<sup>6)</sup>은 거골 골연골병변의 위치와 후측부 정렬의 관계를 조사하여 그 연관성을 알아보았으나 병변의 위치는 후측부 정렬과 통계적으로 연관성이 없다고 보고하였다.

### 4. 현재 진행되고 있는 연구들

비정상적인 하지 축을 가진 경우에 시간이 지나면 결국 내측 또는 외측의 거골 골연골병변이나 내·외측 관절염을 일으키게 되는지에 대해서는 아직 불명확하나 대부분의 저자들은 발목관절의 한 부분에 지속적인 편심성 과부하(eccentric overload)가 가해지면 발목관절의 국소 부위에 거골 골연골병변이나 관절염을 유발할 수 있을 것이라 추정하고 있으며, 이러한 이유로 하지 정렬의 교정이 국소 부위에 발생한 거골 골연골병변이나 관절염의 치료에 응용될 수 있을 것이라 생각하고 있다.<sup>8-16)</sup> 1990년 중반 Takakura 등<sup>8,9)</sup>이 중등도 이하의 발목관절 관절염의 치료로 과상부 절골술을 시행한 후 중장기 연구에서 만족할 만한 결과를 보이고 있으나 아직까지 하지 정렬을 교정함으로써 거골의 골연골병변을 치료한 보고를 찾아 보기는 어려웠다.

최근 국내에서는 몇몇 소수의 저자들에 의하여 하지 정렬을 정상으로 교정하면 거골의 골연골병변이 호전될 수 있는지에 대한 연구들이 진행되고 있으며 아직 문헌으로 발표되지는 않았지만 이러한 연구에 대한 중간 보고가 국내 학회에서 발표된 경우가 있어 이에 대한 소개하고자 한다.

2019년 대한정형외과학회 국제학술대회(63rd Annual Congress of the Korean Orthopaedic Association)에서 Lee와 Kim<sup>7)</sup>은 발목관절 통증에 대한 하지 정렬을 교정하는 수술을 시행한 후 낭종성 거골 골연골병변의 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)상의 변화에 대해 발표하였다. 저자들은 낭종성 거골 골연골병변이 하지 정렬의 교정 수술 후에 임상 그리고 CT 소견상으로 변화가 있는가를 조사하였다. 2013년 1월부터 2018년 4월까지 지름 10 mm 이상의 큰 낭종성 거골 골연골병변을 가진 16명의 환자에서 하지 축을 교정하는 수술을 시행하였다. 평균 추시 기간은 1.7년(1.5~3년)이었으며 4명은 내원 전 타병원에서 골연골병변에 대한 미세 천공술(microfracture)을 시행받은 상태였다. 45세 이상의 환자는 퇴행성 관절염의 가능성이 있어 배제하였다. 수술 중 관절경적 유리체 수술은 시행하였으나 골연골병변 자체에 대한 수술은 시행하지 않았다. 임상적 평가는 시각통증척도(visual analogue scale, VAS)와 족

부기능척도(foot function index, FFI)로 평가하였고, cone-beam CT 스캐너를 이용한 체중부하 CT (weight bearing CT scan)를 수술 전과 마지막 추시 기간에 시행하였다. 거골의 골연골병변의 위치는 내측 거골이 14명, 외측이 2명이었다. 수술 전 VAS는 6.2 (범위 4.5~7.5), FFI는 평균 42.5 (범위 15.3~63.5)였고 수술 후 VAS는 2.4 (범위 0~3.5), FFI는 평균 13.4 (범위 6.9~23.5)로 변화하였다. 수술 전후 체중부하 CT에서 골연골병변의 부피는 평균 2.1 cm<sup>3</sup> (범위 1~4.2 cm<sup>3</sup>)에서 수술 후 평균 0.4 cm<sup>3</sup> (범위 0~3.8 cm<sup>3</sup>)로 변화하였다. 낭종성 골연골병변은 4예에서 사라졌고, 10예에서 감소하였다. 나머지 2예에서는 낭종의 크기가 작아지지는 않았으나 CT상 밝기가 감소된 소견을 보였다. 이상에서 결론으로 낭종성 거골 골연골병변이 하지 축을 교정하는 수술로서 임상적 결과의 향상과 병변

자체의 영상 소견상 호전을 보인다는 것을 관찰하였다고 발표하였다.

상기 연구의 발표에서 저자들이 설명한 바에 의하면 실제 임상에서 골연골병변을 가진 환자를 치료함에 있어 환자들이 호소하는 다양한 증상들은 그것이 골연골병변 자체에 의한 증상들인지 동반 질환들에 의한 것인지(뒤꿈치 내·외반, 발목관절 활액막 증식, 발목관절 불안정성 등)를 구분하기 어려운 경우가 많다. 그러나 상대적으로 동반된 하지 부정 정렬의 문제로 발생하는 증상들(외측 충돌 증후군, 발뒤꿈치 통증 등)은 부정 정렬 자체로 인해 발생한 증상인지 비교적 객관적으로 구분할 수 있다. 그러므로 이러한 환자를 치료함에 있어 골연골병변의 위치나 크기에 관계 없이 골연골병변 자체는 그대로 두고 하지 정렬에 대한 교정 수술을 시행한 후 경과를 관찰하



**Figure 3.** One patient's case who had valgus heel alignment and large cystic medial osteochondral lesion of the talus (OLT) with intractable lateral impingement symptom. (A) Preoperative plain radiographs show valgus heel alignment (left), flat arch (middle), and medial OLT (right) on her left foot and ankle. (B) Medial displacement calcaneal osteotomy was done for the relief of lateral impingement symptom. (B; left) Postoperative 9 months standing lateral foot and ankle plain radiograph. (B; right) Postoperative 9 months hindfoot alignment view. (C) Postoperative 17 months computed tomography (CT) scanning (bottom) shows decreased size of cystic medial OLT in comparison with preoperative CT scanning (top).





**Figure 4.** (A) One patient had valgus heel alignment (left), varus ankle deformity (middle) and lateral osteochondral lesion of the talus (OLT) (right) on her right foot and ankle preoperatively. (B) Preoperative lateral OLT lesion was decreased after undergoing supramalleolar osteotomy and medial displacement calcaneal osteotomy. (B; left) Preoperative computed tomography (CT) scan coronal view. (B; right) Postoperative 4 year CT scan coronal view.

던 중 수술 후 거골 골연골병변의 영상 소견과 임상 증상이 호전되는 것을 보고 이를 조사하게 되었다고 하였다. 특히 놀라운 점은 수술 전 크기가 매우 큰 내측 거골 골연골병변(medial OLT)과 뒤꿈치 외반(valgus heel alignment)을 보인 환자에서 보존적 치료에 반응하지 않는 외측 충돌 증상(lateral impingement symptom), 족근동 증후군(sinus tarsi syndrome) 등의 증상을 호전시키고자 종골의 내측 전위 절골술을 계획한 환자에서 수술적으로 종골을 내측으로 전위시키면 거골 내측에 가해지는 압력이 더욱 증가하여 내측에 위치한 거골 골연골병변의 영상 소견과 임상 증상의 악화를 가져오지 않을까 염려하였으나 수술 후 오히려 골연골병변의 크기와 밝기가 감소하거나 소실된 것을 관찰할 수 있었다는 것이다(Fig. 3). 또 다른 예로 후족부는 외반(valgus heel)되고 발목관절은 내반 변형을 보이면서 거골의 골연골병변이 외측에 위치한(lateral OLT) 환자에서 하지 축을 교정하기 위한 과상부 절골술과 종골의 내측 전위 절골술을 시행한 후 관찰하던 중 임상 증상의 호전과 동시에 골연골병변의 크기가 감소하고 영상 소견이 호전되는 결과를 보였다고 하였다(Fig. 4). 이러한 결과들을 관찰하고 저자들은 골연골병변의 위치에 관계없이 동반된 부정 정렬, 후족부 등 인접 관절의 문제들을 수술적으로 교정하여도 골연골병변을 악화시키지 않으며 오히려 영상 소견상 수술 전 기대하지 않았던 골연골병변의 소실 또는 호전을 볼 수 있었으며 이러한 결과를 보인 이유가 무엇인지는 향후 지속적으로 연구해야 할 것이라고 언급하였다.

## 결 론

현재까지 거골 골연골병변을 하지 정렬을 교정하여 치료할 수 있을가에 대한 연구는 정립된 바가 없는 실정이며 골연골병변에 대한

알려진 치료는 대부분 병변 자체에 대한 치료가 주를 이룬다고 할 수 있겠다. 그러나 일반적으로 하지의 부정 정렬이 거골의 한 구획에 압력을 증가시킬 수 있다는 것에는 여러 연구에서 대체로 동의하고 있으며 다만 하지 정렬의 교정만으로 거골 골연골병변을 치료할 수 있을지에 대해서는 대다수의 저자들이 의문을 가지고 있는 실정이다. 그러나 발목관절은 고관절, 슬관절 등의 다른 관절보다 많은 상하 인접 관절을 가지고 있어 다른 하지 인접 관절에 영향을 미침과 동시에 그들로부터 영향을 받는 역학적으로 복잡한 관절이므로 거골 자체의 문제를 그 자체로만 인식할 것이 아니라 인접 관절과 유기적으로 이해하려는 노력이 필요하다고 생각된다. 따라서 거골 골연골병변과 하지 정렬과의 관계를 연구하고 이를 치료에 도입할 수 있을 지를 연구하는 것은 매우 바람직한 시도로 생각되며 특히 국내의 저자들이 이러한 새로운 시도에 관심을 가지고 있다는 것은 고무적인 일이라 생각된다.

## 감사의 글

We thank Woo Chun Lee, M.D. and Jae Young Kim, M.D. for providing their valuable study cases with honorable comments.

## ORCID

Kyung Il Kim, <https://orcid.org/0000-0002-5644-1994>

Byeol Han, <https://orcid.org/0000-0002-0207-4543>

## REFERENCES

1. Gianakos AL, Yasui Y, Hannon CP, Kennedy JG. Current management of talar osteochondral lesions. *World J Orthop.* 2017;8:12-20. doi: 10.5312/wjo.v8.i1.12.
2. Steele JR, Dekker TJ, Federer AE, Liles JL, Adams SB, Easley ME. Osteochondral lesions of the talus: current concepts in diagnosis and treatment. *Foot Ankle Orthop.* Published online July 27, 2018; doi: 10.1177/2473011418779559.
3. Hannon CP, Smyth NA, Murawski CD, Savage-Elliott BA, Deyer TW, Calder JD, et al. Osteochondral lesions of the talus: aspects of current management. *Bone Joint J.* 2014;96:164-71. doi: 10.1302/0301-620X.96B2.31637.
4. Baums MH, Schultz W, Kostuj T, Klinger HM. Cartilage repair techniques of the talus: an update. *World J Orthop.* 2014;5:171-9. doi: 10.5312/wjo.v5.i3.171.
5. Easley ME, Vineyard JC. Varus ankle and osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Clin.* 2012;17:21-38. doi: 10.1016/j.fcl.2011.11.011.
6. Paul J, Hinterwimmer S, Vavken P, Wörtler K, Imhoff AB. [Association between hindfoot alignment and localisation of osteochondral lesions of the talus]. *Z Orthop Unfall.* 2014;152:389-92. German. doi: 10.1055/s-0034-1368604.
7. Lee WC, Kim JB. CT analysis of cystic osteochondral lesion of the talus after realignment surgery for ankle pain. Paper presented at: 63rd Annual Congress of the Korean Orthopaedic Association; 2019 Oct 17-19; Seoul, Korea. p.190.
8. Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:50-4. doi: 10.1302/0301-620X.77B1.7822395
9. Takakura Y, Takaoka T, Tanaka Y, Yajima H, Tamai S. Results of opening-wedge osteotomy for the treatment of a post-traumatic varus deformity of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:213-8. doi: 10.2106/00004623-199802000-00008.
10. Cheng YM, Huang PJ, Hung SH, Chen TB, Lin SY. The surgical treatment for degenerative disease of the ankle. *Int Orthop.* 2000;24:36-9. doi: 10.1007/s002640050009.
11. Stamatis ED, Cooper PS, Myerson MS. Supramalleolar osteotomy for the treatment of distal tibial angular deformities and arthritis of the ankle joint. *Foot Ankle Int.* 2003;24:754-64. doi: 10.1177/107110070302401004.
12. Tanaka Y, Takakura Y, Hayashi K, Taniguchi A, Kumai T, Sugimoto K. Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:909-13. doi: 10.1302/0301-620X.88B7.
13. Lee WC, Moon JS, Lee HS, Lee K. Alignment of ankle and hindfoot in early stage ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Int.* 2011;32:693-9. doi: 10.3113/FAL.2011.0693.
14. Lee WC, Moon JS, Lee K, Byun WJ, Lee SH. Indications for supramalleolar osteotomy in patients with ankle osteoarthritis and varus deformity. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:1243-8. doi: 10.2106/JBJS.J.00249.
15. Moon JS, Lee K, Lee HS, Lee WC. Cartilage lesions in anterior bony impingement of the ankle. *Arthroscopy.* 2010;26:984-9. doi: 10.1016/j.arthro.2009.11.021.
16. Moon JS, Shim JC, Suh JS, Lee WC. Radiographic predictability of cartilage damage in medial ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:2188-97. doi: 10.1007/s11999-010-1352-2.
17. Steffensmeier SJ, Saltzman CL, Berbaum KS, Brown TD. Effects of medial and lateral displacement calcaneal osteotomies on tibiotalar joint contact stresses. *J Orthop Res.* 1996;14:980-5. doi: 10.1002/jor.1100140619.
18. Fairbank A, Myerson MS, Fortin P, Yu-Yahiro J. The effect of calcaneal osteotomy on contact characteristics of the tibiotalar joint. *Foot.* 1995;5:137-42. doi: 10.1016/0958-2592(95)90006-3.
19. Lee HS, Wapner KL, Park SS, Kim JS, Lee DH, Sohn DW. Ligament reconstruction and calcaneal osteotomy for osteoarthritis of the ankle. *Foot Ankle Int.* 2009;30:475-80. doi: 10.3113/FAL.2009.0475.