



# 골다공증성 족관절 골절

이효범, 김철현, 김갑래

강동성심병원 정형외과

## Osteoporotic Ankle Fracture

Hyobeom Lee, Cheolhyun Kim, Gab-Lae Kim

Department of Orthopedic Surgery, Kangdong Sacred Heart Hospital, Seoul, Korea

The incidence of osteoporotic ankle fractures is increasing as the population ages. These fractures are becoming more common in clinical practice and require careful management because of the higher likelihood of developing complications than typical ankle fractures. The introduction of a method for measuring the ankle joint bone mineral density is a valuable tool for assessing the bone quality of the ankle joint. By evaluating the bone mineral density, healthcare professionals can better understand the extent of osteoporosis and the overall strength of the ankle joint. This information is crucial for determining the appropriate treatment for individual fractures. Several factors must be considered when deciding on the treatment for osteoporotic ankle fractures. These include the ankle joint bone mineral density, skin condition, any comorbidities the patient may have, and the patient's functional demands. Taking these factors into consideration allows healthcare providers to tailor the treatment plan to the specific needs and the circumstances of each patient. By applying the appropriate treatment, it is expected that the complications associated with osteoporotic ankle fractures can be minimized, and the prognosis for patients can be improved.

**Key Words:** Osteoporosis, Ankle fractures, Elderly, Bone density

### 서 론

고령 인구의 지속적인 증가로 인해 이와 관련된 족관절 골절 환자 또한 점점 더 증가할 것으로 예상된다. 고령의 정형외과적 치료는 환자의 건강 상태 및 동반 질환 등으로 점점 더 복잡해지고 어려워지기 때문에 적극적이고 다양한 방식의 접근 및 치료 계획이 필요할 것이다.

족관절 골절의 2018년 연간 발생률은 100,000명당 171명으로 보고되고 있다. 이는 2009년에 비해 약 32%로 증가한 수치로 점점 증가하는 추세를 보이고 있다. 또한 젊은 연령에 비해 50대 이상에서 더 많이 발생하며, 특히 여성의 경우 50대 이후에 2배 이상 발

생률이 증가한다.<sup>1)</sup> 족관절은 골다공증과의 연관성보다 외부 충격의 정도 및 과체중과의 연관성이 더 높은 것으로 알려졌다.<sup>2)</sup> 하지만 골다공증을 진단받은 폐경기 여성에서의 저에너지 손상에 의한 족관절 골절의 빈도가 증가함에 따라 골다공증과 족관절 골절과의 연관성에 대해 재평가가 필요함을 다양한 연구에서 보고하고 있다.<sup>3-5)</sup> Litchfield<sup>6)</sup>는 족관절 골절이 발생한 고령의 환자 중 58%의 환자만이 수술로 만족스러운 결과를 얻었다고 하였으며, 고령의 환자는 불유합 가능성 증가 및 상처회복 지연 등 임상 결과가 좋지 않을 가능성이 높다고 강조하였다. 다른 연구에서는 이 환자들에게서 부정유합이 많으며, 감염률 또한 높다고 보고하였다.<sup>7)</sup> 따라서 족관절 골절 양상 및 골절에 대한 정확한 분석이 필요하며 이에 따른 적절한 치료법을 적용해야 한다.

여러 연구에서 족관절 골절과 요추 및 고관절에서의 이중에너지 X선 흡수 계측법(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)을 이용한 중심 골밀도(central bone mineral density) 사이의 연관성은 확인하지 못했다.<sup>4,5,8)</sup> 그러나 다른 연구에서는 족관절 골절이 있는 고령의 환자에서 골밀도 감소와 골질 변화를 보고하였다.<sup>9,10)</sup> 최근

Received May 5, 2023 Revised May 15, 2023 Accepted May 16, 2023

Corresponding Author: Gab-Lae Kim

Department of Orthopedic Surgery, Kangdong Sacred Heart Hospital, 150 Seongan-ro, Gangdong-gu, Seoul 05355, Korea

Tel: 82-2-2224-2230, Fax: 82-2-489-4391, E-mail: kiga9@hanmail.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0282-1721>

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright © 2023 Korean Foot and Ankle Society.

© 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.

메타 분석에서는 고령의 족관절 골절 환자와 골밀도 사이의 관계를 정량화하였고 고령의 족관절 골절은 대퇴 경부의 낮은 골밀도와 관련이 있다고 보고하였다. 하지만 그 연관성은 고관절, 척추, 수근관절과 같은 골다공증 관련 골절보다 약한 것으로 보인다고 하였다.<sup>11)</sup> Sung 등<sup>12)</sup>은 중심 골밀도와 족관절 골밀도 간에 상관관계를 보이고 있으며, 족관절 골밀도를 이용하여 족관절 골절의 위험도를 알아보는 데 도움이 될 수 있다고 하였다.

이에 본 종설에서는 골다공증을 동반한 족관절 골절 환자의 치료 시 적절한 방법 및 주의점, 족관절 골밀도 측정에 대해 고찰해 보고자 한다.

## 본 론

### 1. 골다공증성 족관절 골절

골 흡수와 골 형성이 순차적으로 발생하여 골 항상성을 유지하려는 현상을 골 재형성(bone remodeling)이라 하며, 이러한 균형이 무너져 골량이 감소하면 골다공증으로 이어지게 된다. 그 결과, 소주골(trabecular bone)이 먼저 영향을 받고 이어 피질골(cortical bone)이 얇아지게 된다.<sup>13)</sup> 이는 결국 가벼운 외상에도 골절의 위험성을 높게 된다. 건강보험심사평가원에서 작성한 통계에 따르면 국내 골다공증 환자는 매년 증가세를 보이고 있다. 지난 2018년 972,196명에서 2022년 1,181,85명으로 4년 사이 21.6%가량 증가하였고, 골다공증성 골절의 경우 매년 5만 명 이상 발생하고 있어 이에 대한 의료비 또한 점점 증가하고 있는 추세이다.<sup>14)</sup> 골다공증 환자들의 경우 약 5%만이 약물치료를 받기 때문에 이를 인지하지 못하고 있는 경우가 많다.<sup>15)</sup> 그래서 급성 골절은 골다공증의 첫 증상으로 발생하며, 평생 골절이 발생할 위험도는 약 40%가량이다.<sup>13)</sup> 족관절 골절은 골다공증 골절의 약 10% 정도를 차지한다. 골절 위험도 예측 프로그램(fracture risk assessment tool, FRAX)을 통해 10년 내 골다공증 골절 위험성을 예측할 수 있으며, FRAX가 30% 이상인 경우에는 이에 맞는 치료가 필요하다.<sup>13)</sup>

전체 족관절 골절의 2/3 정도는 저에너지 손상에 의해 발생한다.<sup>16)</sup> 골다공증 과거력이 있는 환자에서 부적절한 외상이나 높은 불안정성의 회내-외전(pronation-abduction), 족관절 골절 및 탈구 소견을 보이면 골다공증을 의심해야 한다.<sup>17)</sup> 최근 시행된 여러 연구에서 여성에게서 족관절 골절의 빈도가 점차 증가 추세이며, 특히 폐경기 이후 여성에서의 빈도가 높아지는 것으로 보아 골밀도 감소가 중요한 원인 중 하나로 추정해 볼 수 있다.<sup>18-20)</sup> 또한 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)을 이용한 족관절 골절 패턴을 연구한 연구에서는 고령 환자는 젊은 연령군에 비해 골절 패턴이 복잡하고 높은 골 흡수율을 보여 골다공증이 의심된다고 하였다.<sup>21)</sup> 이러한 환자들의 경우 골다공증 진단 및 족관절 골절에 대해 적절한 치료가 필요하다.

### 2. 족관절 골밀도 검사

일반적으로 골밀도는 대퇴골 및 척추에서 DXA를 이용하여 측정하는 것이 표준이다. 이전까지 족관절 골절은 골다공증과 연관성이 떨어진다는 연구 결과가 일반적이었으나<sup>8,22)</sup> 50세 이상의 여성에서 발생률이 점차 증가함에 따라 연관성이 있다는 보고가 증가하고 있다.<sup>8,9,21,23)</sup>

Sung 등<sup>12)</sup>은 족관절 내과(medial malleolus), 경골 원위부, 족관절 외과(lateral malleolus), 거골로 4구획을 나누어 DXA를 통해 족관절 골밀도를 측정하였다. 이는 고관절 및 척추에서 시행한 중심 골밀도보다 거골 부위를 제외하고 낮게 측정되었으며 거골에서 가장 높게, 족관절 내과에서 가장 낮게 측정되었다. 족관절 골밀도는 중심부 골밀도와 유의미한 연관성을 보였으며, 고령으로 갈수록 상호 연관성이 높아져 골다공증을 동반한 족관절 골절의 양상과 유의미한 임상적 의미를 갖는다고 보고하였다. 또한 DXA 외에도 Lee 등<sup>24)</sup>이 시행한 연구에서 하지 CT를 통한 골밀도 측정으로 골 감소를 더 정밀하게 확인할 수 있으며 중심 골밀도와 높은 연관성을 나타낸다는 결과를 발표하였다. 이 연구에서 족관절의 경우 거골 및 경골 원위부에서의 골 감소 정도를 측정하였으며 시상면상에서 거골의 중심부에 해당되는 관상면의 CT 이미지 영상을 이용하였다. 원형의 100~120 mm<sup>2</sup> 정도의 면적을 가진 관심 영역(region of interest)을 해면골(cancellous bone)에 위치하게 하며 연골 하 경화 골조직(subchondral sclerotic bone) 및 골절선이 있는 부분은 제외하여 해당 관심 영역의 하운스필드 단위(hounsfield unit)를 측정하여 골밀도를 계산하였다. DXA를 이용한 골밀도 결괏값과 CT를 통해 측정한 골밀도 결괏값의 상관관계수는 경골 원위부 및 거골 모두 양의 상관관계를 보였다. 이 외에도 여러 연구에서 고령의 족관절 골절 환자에게서 다양한 족관절 골밀도 측정 방법에 대해 언급하고 있으며, 이는 수술 전 계획 및 합병증 예측 등에 도움이 될 것이라고 예상하였다.<sup>11, 25)</sup>

### 3. 골다공증 외 수술 전 평가 및 주의사항

대부분의 골다공증성 족관절 골절 환자는 고령의 환자로 골절에 대한 치료와 같이 고려해야 될 여러 가지 부분들이 있다. 특히 말초 혈관 질환이나 당뇨병을 포함하여 나쁜 예후를 보일 수 있는 상황들에 특별한 주의를 기울여야 한다. 특히 당뇨병을 앓고 있는 경우 신경병증을 동반할 가능성이 그렇지 않은 인구에 비해 높은 것으로 알려져 있고 이에 따른 수술 부위 감염, 족부 궤양 등의 합병증이 나쁜 예후로 이어질 수 있다.<sup>26)</sup> 당뇨병성 족관절 골절의 경우 철저한 병력, 손상 시기, 흡연력, 기타 심혈과 위험 요인 등에 대해 평가가 필요하며, 특히 샤코트(Charcot) 관절병증이 동반되어 있는지를 확인해야 한다.<sup>27)</sup> 또한 피부상태, 혈당 조절 및 말초 혈관 질환 등에 대한 객관적인 평가를 시행하여 수술 후 합병증을 예방해야 한다.

#### 4. 골다공증성 족관절 골절의 치료

##### 1) 비수술적 치료

골절 부위가 안정적인 양상을 보이고, 골편의 전위가 없는 경우 비수술적 치료를 시행할 수 있다. 족관절 내측 인대 손상이 동반되지 않은 단독 비골 골절이나 외측 인대 혹은 원위 경비인대 손상이 없는 족관절 내과 골절 등이 해당된다.<sup>28,29)</sup> 족관절 불안정성을 확인하기 위해 체중부하 방사선 사진, 중력 부하 테스트 등이 제안되었으며, 최근에는 CT나 자기공명영상(magnetic resonance imaging)을 이용해 이를 예측하기도 한다.

비수술적 치료의 방법으로는 단하지 석고 부목(short leg splint), 단하지 석고 고정(short leg cast), 부츠형 보조기(boot brace) 등을 사용한다. 족관절 안정성이 있는 골절의 경우 회외운동(supination)을 제한하며 상기 보조기를 이용하여 완전 체중부하 가능하다. 일반적으로 4~6주간의 고정 기간을 가지며 추가적인 전위나 족관절의 안정성 유지 등을 평가하기 위해 1주일 뒤 단순 방사선 사진을 시행하는 것을 권유한다. 석고 고정의 경우 연조직의 손상으로 인한 부종 호전 시까지 급성기 3~5일간의 고정 기간 및 체중부하 제한, 보조기를 사용한 경우는 골 유합 시까지 6주 이상의 착용 기간이 필요하며 통증이 심하지 않다면 체중부하하며 보행 가능하다.<sup>17)</sup> 다만 골다공증으로 인해 골절이 나쁜 경우에는 단순 방사선 사진상 골유합의 소견을 보일 때까지 시행하는 것을 권장한다.<sup>17,30)</sup>

Willett 등<sup>31)</sup>은 고령의 불안정성 족관절 골절 환자를 대상으로 대규모 다기관 전향적 무작위 대조 실험에서 수술적 치료를 시행한 군과 폐쇄 접촉 석고 고정(close contacting casting)을 시행한 군을 비교하였다. 6개월간 추시 후 비교 시, 두 군 사이에 동등한 Olerud-Molander Ankle Scores, 통증 조절 및 삶의 질을 보였으며, 이는 최대 3년의 추적관찰 시까지 동등한 결과가 지속됨을 보고하였다. 하지만 석고 고정을 시행한 군에서 방사선학적 부정유합의 비율이 더 높고, 무작위로 배정된 석고 고정 시행 환자의 17%가 초기 골절 부위 전위로 수술적 치료를 시행 받았음을 보고하였다.

종합하면, 골다공증성 족관절 골절 환자의 경우 골절의 유형이 안정성인지 확인이 필요하며, 골다공증 소견을 보이거나 정도가 심한 경우에는 고정 기간을 충분히 가지는 것이 중요하다. 또한 방사선 검사를 통한 추시를 1~2주 간격으로 유지하며 골절 부위 전위가 없는지, 안정성 유지가 되는지 파악하는 것도 중요하다. 이에 본 저자는 최소 3개월 이상의 고정 기간 및 최소 2주간의 비체중부하 기간이 필요하다고 생각한다.

불안정성 골절인 경우에는 비수술적 치료보다는 수술적 치료를 시행하는 것이 필요하겠다.

##### 2) 수술적 치료

골다공증의 진행은 골의 미세구조 변화로 나타나며 피질골이 점차 얇아지고 골절에 취약할 뿐만 아니라 해부학적 정복에도 어려움

이 있으며, 금속물 고정 시에도 주의가 필요하다.<sup>32)</sup> 이에 여러 연구에서 다음과 같이 다양한 수술법에 대해 보고하고 있다.

##### (1) 잠금 금속판(locking plate)

잠금 금속판은 족관절 외에도 여러 부위의 골절에 가장 흔하게 사용된다. 각각의 나사가 금속판과 고정되어 나사 풀림 위험이 적어 안정성을 높일 수 있다. 원위 비골 고정을 관찰한 사체 연구에서 잠금 금속판이 비잠금 금속판보다 더 높은 생체 역학적 안정성을 제공한다 보고하였다.<sup>32)</sup> 하지만 골다공증성 골에서는 골절의 원위부에 잠금 나사(locking screw)가 부러지거나 금속판과 같이 빠지는 경우가 발생하기도 한다. 잠금 나사의 경우 비잠금 나사(non-locking screw)에 비해 직경이 작기 때문이다. 이에 잠금과 비잠금 나사의 조합은 금속판을 골에 잘 접촉시키고, 금속판과 골 사이에 마찰을 생성하여 안정성을 더 높일 수 있다.<sup>17)</sup> 비골의 금속판 위치는 외측, 후외측 및 후방 고정하게 된다. 외측 고정은 피부가 약한 고령의 환자에게 종종 문제를 일으킬 수 있어 주의가 필요하다. 후외측 및 후방 고정은 이러한 피부의 합병증을 줄이는 데 도움이 되며 생체역학적으로도 안정성이 높다. 비골건의 자극을 피하기 위해서는 비골 원위부에서 1 cm가량 떨어진 곳에 금속판을 위치하는 것이 좋다.<sup>33,34)</sup>

경골 후과 골절의 경우 기존에는 전후방 유관나사를 통한 고정을 많이 시행하였으나 최근에는 족관절 후내측 혹은 후외측 접근법을 사용한 골편에 대한 직접적인 고정을 사용한다. 특히 골다공증성 골절 환자에게는 지지 금속판(butress plate)이 더 높은 안정성을 제공한다.<sup>28)</sup>

##### (2) 골수강내 비골 고정(intramedullary fibular fixation)

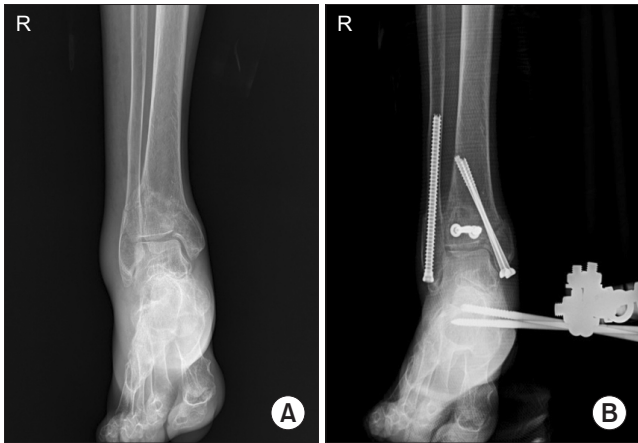
골수강내 고정은 골절 부위의 전위가 많지 않고 분쇄 정도가 심하지 않은 경우에 주로 사용된다. 회전 불안정성의 위험이 있는 경우에는 추가적인 고정술이 필요하거나 최근 디자인된 비골전용 골수정을 사용하는 것이 좋다.<sup>27)</sup>

또한 고령의 환자에게 감염이나 상처 관련 합병증을 줄이기 위해 사용된다. 전위된 족관절 골절이 있는 노인 환자에게 비골 골절에 대해 금속판과 골수강내 고정을 비교하는 전향적 연구에서 골수강내 고정을 시행 받은 환자가 더 나은 결과를 보였다(Fig. 1).<sup>35)</sup>

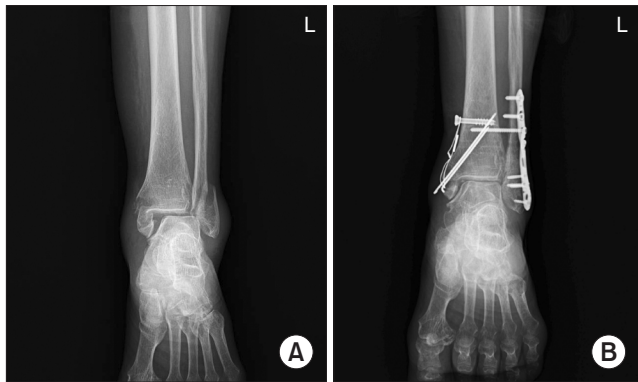
##### (3) 원위 경비 관절 고정(trans-syndesmotic fixation)

족관절 골다공증 환자에서 외회전력은 인대 손상보다는 골절로 이어지는 경우가 더 많고, 이에 원위 경비 관절을 고정하면 관절의 안정성을 높이는 데 도움이 된다.<sup>28,36)</sup> 또한 이러한 원위 경비 관절 고정은 세 겹 혹은 네 겹의 피질골을 고정하기 때문에 골다공증 및 당뇨병 환자에게 특히 유용하다.<sup>37)</sup> 다른 생체 역학 연구에서는 금속 고정 실패에 대한 토크, 회전 각도, 힘에 대한 저항성이 증가한다고 보고하였다(Fig. 2).<sup>38,39)</sup>





**Figure 1.** (A) Pilon fracture in a 77-year-old male with severe osteoporosis. (B) Internal fixation with cannulated screws (tibia) and intramedullary fibular fixation. Due to difficulties in achieving sufficient fixation solely through internal fixation, an external fixator was used.



**Figure 2.** (A) A case of osteoporotic bimalleolar ankle fracture in a 80-year-old female. (B) Internal fixation was achieved with locking plate, syndesmosis screw and tightrope fixation. To improve ankle stability, syndesmosis screw and tightrope fixation were employed.

#### (4) 경-거-종골 유합술(tibio-talo-calcaneal fusion)

골다공증으로 인해 골밀도 감소가 심한 환자의 경우 경-거-종골 유합술이 우선적 수술적 치료로 고려될 수 있다. Lemon 등<sup>40)</sup>은 골다공증을 동반한 불안정한 족관절 골절에서 경-거-종골 유합술이 조기 체중부하 및 보행을 가능하게 했다고 보고한 바 있으며, Amirfeyz 등<sup>41)</sup>은 79세 이상 13명의 환자들을 대상으로 시행한 후향적 연구에서 11개월 이상 추적관찰을 시행한 결과, 골절 전과 기능적으로 유사한 단계까지 회복이 가능했다고 보고하였다. Georgiannos 등<sup>42)</sup>은 평균 78세 이상, 37명의 환자들을 대상으로 전향적 연구에서 양과, 삼과 골절, 혹은 골절을 동반한 족관절 탈구 환자에서의 관혈적 골정복술과 경-거-종골 유합술의 기능적 회복 정도가 유사했으며, 재원 기간, 합병증 발생률, 사망률 등은 오히려 경-거-종골 유합술이 더 낮은 결과를 보였다고 발표하였다. 이를 종합하면, 경-거-종골 유합술은 골다공증성 족관절 골절 환자에게 안전하고 효과적인



**Figure 3.** (A) A case of severe osteoporotic ankle fracture in a 99-year-old female. (B) Internal fixation was achieved with a tibio-talo-calcaneal nail.

방법으로 볼 수 있다(Fig. 3).

#### (5) 외고정 장치(external fixator)

외고정 장치는 피부에 손상이 있거나 손상 위험이 있는 환자에게서 주로 유용하게 쓰인다. 그러나 이러한 외고정은 부피가 크고 고정된 부위에 감염의 위험성이 있어 최근에는 단독으로 사용되는 경우보다 주로 보조적인 역할로 사용된다. 특히 골다공증성 족관절 환자의 경우 내고정술만으로 골정복 소실이 우려될 때 같이 사용하게 되면 골절 부위의 안정성을 높이는 데 기여할 수 있다(Fig. 1).

### 5. 수술 후 관리 및 재활

수술 및 수술 후 재활의 목적은 수상 이전과 같이 완전한 체중부하로 걷는 것을 목표로 한다. 지속적인 족관절 고정에는 근력 및 유산소 능력에 해로운 영향을 미치기 때문에 조기 거동 및 근력 운동, 관절 운동 등 재활 치료가 필수적이다. 이때 주의해야 할 점은 족관절 부위의 골밀도, 골절 부위 고정의 견고함 등을 살펴보고 환자에게 적절한 고정 기간과 방법, 재활 등을 고려해야 한다. 이에 본 저자는 내고정을 시행한 경우 최소 3개월 이상의 고정기간 및 1~2주 간격의 영상학적 검사를 이용한 추시를 통해 족관절의 안정성이 유지되는지 확인해야 하며, 골절의 정도에 따라 다르지만 최소 2주의 비체중부하 기간을 통해 수술 부위의 구조적 안정성 및 창상의 호전을 도모해야 하고 통증 및 부종의 호전 정도에 따라 2주 이후부터 단계적인 체중부하 시작 가능하다고 생각한다. 또한 골다공증에 대한 치료로 금연, 금주와 같은 생활방식 수정, 비타민D 및 칼슘보충, 환자에게 맞는 골다공증 치료약 사용 등이 필요하다.<sup>12)</sup>

## 결론

골다공증을 동반한 족관절 골절 환자는 일반적인 젊은 연령층에

서의 골절과 다르게 치료에 주의를 기울여야 할 부분이 많다. 족관절 골절 부위의 정확한 골밀도를 측정하고, 골절 양상을 분석 후 이를 바탕으로 적절한 치료방법을 선택한다면 고정 실패나 다른 합병증 등을 줄이고 환자의 예후에 좋은 영향을 끼칠 것으로 기대된다.

## ORCID

Hyobeom Lee, <https://orcid.org/0000-0003-3334-9180>

Cheolhyun Kim, <https://orcid.org/0009-0005-6666-1391>

## REFERENCES

- Kang HJ, Lee JW, Kwon YM, Kim SJ. Epidemiology of ankle fractures in Korea: a nationwide population-based study. *J Korean Med Sci*. 2022;37:e288. doi: 10.3346/jkms.2022.37.e288.
- Hasselman CT, Vogt MT, Stone KL, Cauley JA, Conti SF. Foot and ankle fractures in elderly white women. Incidence and risk factors. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:820-4. doi: 10.2106/00004623-200305000-00008.
- Holmberg AH, Johnell O, Nilsson PM, Nilsson J, Berglund G, Akesson K. Risk factors for fragility fracture in middle age. A prospective population-based study of 33,000 men and women. *Osteoporos Int*. 2006;17:1065-77. doi: 10.1007/s00198-006-0137-7. Erratum in: *Osteoporos Int*. 2006;17:1704.
- Seeley DG, Kelsey J, Jergas M, Nevitt MC. Predictors of ankle and foot fractures in older women. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res*. 1996;11:1347-55. doi: 10.1002/jbmr.5650110920.
- Stein EM, Liu XS, Nickolas TL, Cohen A, Thomas V, McMahon DJ, et al. Abnormal microarchitecture and stiffness in postmenopausal women with ankle fractures. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96:2041-8. doi: 10.1210/jc.2011-0309.
- Litchfield JC. The treatment of unstable fractures of the ankle in the elderly. *Injury*. 1987;18:128-32. doi: 10.1016/0020-1383(87)90189-6.
- Beauchamp CG, Clay NR, Thexton PW. Displaced ankle fractures in patients over 50 years of age. *J Bone Joint Surg Br*. 1983;65:329-32. doi: 10.1302/0301-620X.65B3.6404905.
- Greenfield DM, Eastell R. Risk factors for ankle fracture. *Osteoporos Int*. 2001;12:97-103. doi: 10.1007/s001980170140.
- Biver E, Durosier C, Chevalley T, Herrmann FR, Ferrari S, Rizzoli R. Prior ankle fractures in postmenopausal women are associated with low areal bone mineral density and bone microstructure alterations. *Osteoporos Int*. 2015;26:2147-55. doi: 10.1007/s00198-015-3119-9.
- Honkanen R, Kröger H, Tuppurainen M, Alhava E, Saarikoski S. Fractures and low axial bone density in perimenopausal women. *J Clin Epidemiol*. 1995;48:881-8. doi: 10.1016/0895-4356(94)00220-k.
- So E, Rushing CJ, Simon JE, Goss DA Jr, Prissel MA, Berlet GC. Association between bone mineral density and elderly ankle fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Surg*. 2020;59:1049-57. doi: 10.1053/j.jfas.2020.03.012.
- Sung KH, Choi Y, Cho GH, Chung CY, Park MS, Lee KM. Peripheral DXA measurement around ankle joint to diagnose osteoporosis as assessed by central DXA measurement. *Skeletal Radiol*. 2018;47:1111-7. doi: 10.1007/s00256-018-2876-x.
- Rachner TD, Khosla S, Hofbauer LC. Osteoporosis: now and the future. *Lancet*. 2011;377:1276-87. doi: 10.1016/S0140-6736(10)62349-5.
- Healthcare Bigdata Hub [Internet]. Wonju: Health Insurance Review & Assessment Service [cited 2022 Apr 20]. Available from: <http://opendata.hira.or.kr>.
- Hadji P, Klein S, Gothe H, Häussler B, Kless T, Schmidt T, et al. The epidemiology of osteoporosis--Bone Evaluation Study (BEST): an analysis of routine health insurance data. *Dtsch Arztebl Int*. 2013;110:52-7. doi: 10.3238/arztebl.2013.0052.
- Juto H, Nilsson H, Morberg P. Epidemiology of adult ankle fractures: 1756 cases identified in Norrbotten County during 2009-2013 and classified according to AO/OTA. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19:441. doi: 10.1186/s12891-018-2326-x.
- Rammelt S. Management of ankle fractures in the elderly. *EFORT Open Rev*. 2017;1:239-46. doi: 10.1302/2058-5241.1.000023.
- Elsoe R, Ostgaard SE, Larsen P. Population-based epidemiology of 9767 ankle fractures. *Foot Ankle Surg*. 2018;24:34-9. doi: 10.1016/j.fas.2016.11.002.
- Koval KJ, Lurie J, Zhou W, Sparks MB, Cantu RV, Sporer SM, et al. Ankle fractures in the elderly: what you get depends on where you live and who you see. *J Orthop Trauma*. 2005;19:635-9. doi: 10.1097/01.bot.0000177105.53708.a9.
- Thur CK, Edgren G, Jansson KÅ, Wretenberg P. Epidemiology of adult ankle fractures in Sweden between 1987 and 2004: a population-based study of 91,410 Swedish inpatients. *Acta Orthop*. 2012;83:276-81. doi: 10.3109/17453674.2012.672091.
- Lee KM, Chung CY, Kwon SS, Won SH, Lee SY, Chung MK, et al. Ankle fractures have features of an osteoporotic fracture. *Osteoporos Int*. 2013;24:2819-25. doi: 10.1007/s00198-013-2394-6.
- Ingle BM, Eastell R. Site-specific bone measurements in patients with ankle fracture. *Osteoporos Int*. 2002;13:342-7. doi: 10.1007/s001980200036.
- Yoo JH, Moon SH, Ha YC, Lee DY, Gong HS, Park SY, et al. Osteoporotic fracture: 2015 position statement of the Korean Society for Bone and Mineral Research. *J Bone Metab*. 2015;22:175-81. doi: 10.11005/jbm.2015.22.4.175.
- Lee SY, Kwon SS, Kim HS, Yoo JH, Kim J, Kim JY, et al. Reliability and validity of lower extremity computed tomography as a screening tool for osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2015;26:1387-94. doi: 10.1007/s00198-014-3013-x.
- So E, Rushing C, Prissel MA, Berlet GC. The role of secondary imaging techniques for assessing bone mineral density in elderly ankle fractures. *J Foot Ankle Surg*. 2022;61:149-56. doi: 10.1053/j.jfas.2021.06.016.
- Wukich DK, Crim BE, Frykberg RG, Rosario BL. Neuropathy and poorly controlled diabetes increase the rate of surgical site infection after foot and ankle surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:832-9. doi: 10.2106/JBJS.L.01302.
- Pearce O, Al-Hourani K, Kelly M. Ankle fractures in the elderly: current concepts. *Injury*. 2020;51:2740-7. doi: 10.1016/j.injury.2020.10.093.
- Rammelt S, Zwipp H, Mittlmeier T. [Operative treatment of pronated

- tion fracture--dislocations of the ankle]. *Oper Orthop Traumatol*. 2013;25:273-91; quiz 291-3. German. doi: 10.1007/s00064-013-0235-6.
29. Weber M, Burmeister H, Flueckiger G, Krause FG. The use of weight-bearing radiographs to assess the stability of supination-external rotation fractures of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130:693-8. doi: 10.1007/s00402-010-1051-1.
  30. Rammelt S, Heim D, Hofbauer LC, Grass R, Zwipp H. [Problems and controversies in the treatment of ankle fractures]. *Unfallchirurg*. 2011;114:847-60. German. doi: 10.1007/s00113-011-1978-x.
  31. Willett K, Keene DJ, Mistry D, Nam J, Tutton E, Handley R, et al. Close contact casting vs surgery for initial treatment of unstable ankle fractures in older adults: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2016;316:1455-63. doi: 10.1001/jama.2016.14719.
  32. Kim T, Ayturk UM, Haskell A, Miclau T, Puttitz CM. Fixation of osteoporotic distal fibula fractures: a biomechanical comparison of locking versus conventional plates. *J Foot Ankle Surg*. 2007;46:2-6. doi: 10.1053/j.jfas.2006.09.009.
  33. Minihane KP, Lee C, Ahn C, Zhang LQ, Merk BR. Comparison of lateral locking plate and antiglide plate for fixation of distal fibular fractures in osteoporotic bone: a biomechanical study. *J Orthop Trauma*. 2006;20:562-6. doi: 10.1097/01.bot.0000245684.96775.82.
  34. Weber M, Krause F. Peroneal tendon lesions caused by antiglide plates used for fixation of lateral malleolar fractures: the effect of plate and screw position. *Foot Ankle Int*. 2005;26:281-5. doi: 10.1177/107110070502600403.
  35. Pritchett JW. Rush rods versus plate osteosyntheses for unstable ankle fractures in the elderly. *Orthop Rev*. 1993;22:691-6.
  36. Rammelt S, Ogruba P. An update on the evaluation and treatment of syndesmotic injuries. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2015;41:601-14. doi: 10.1007/s00068-014-0466-8.
  37. Koval KJ, Petraco DM, Kummer FJ, Bharam S. A new technique for complex fibula fracture fixation in the elderly: a clinical and biomechanical evaluation. *J Orthop Trauma*. 1997;11:28-33. doi: 10.1097/00005131-199701000-00007.
  38. Panchbhavi VK, Mody MG, Mason WT. Combination of hook plate and tibial pro-fibular screw fixation of osteoporotic fractures: a clinical evaluation of operative strategy. *Foot Ankle Int*. 2005;26:510-5. doi: 10.1177/107110070502600702.
  39. Panchbhavi VK, Vallurupalli S, Morris R. Comparison of augmentation methods for internal fixation of osteoporotic ankle fractures. *Foot Ankle Int*. 2009;30:696-703. doi: 10.3113/FAL2009.0696.
  40. Lemon M, Somayaji HS, Khaleel A, Elliott DS. Fragility fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87:809-13. doi: 10.1302/0301-620X.87B6.16146.
  41. Amirfeyz R, Bacon A, Ling J, Blom A, Hepple S, Winson I, et al. Fixation of ankle fragility fractures by tibiotalar calcaneal nail. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128:423-8. doi: 10.1007/s00402-008-0584-z.
  42. Georgiannos D, Lampridis V, Bisbinas I. Fragility fractures of the ankle in the elderly: open reduction and internal fixation versus tibio-talo-calcaneal nailing: short-term results of a prospective randomized-controlled study. *Injury*. 2017;48:519-24. doi: 10.1016/j.injury.2016.11.017.