

## 원위 경골 골절의 수술적 치료

가톨릭대학교 의과대학 대전성모병원 정형외과  
정재중 · 강도준

### Surgical Treatment of Distal Tibia Fractures

Jae-Jung Jeong, M.D., Do-Jun Kang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, The Catholic University of Korea, Daejeon St. Mary's Hospital, Daejeon, Korea

**=Abstract=**

Distal tibia fractures were mainly caused by high energy trauma and the lower legs were enveloped in poor soft tissue. Therefore, there are many open fractures and concomitant soft tissue injuries in distal tibia fractures. For the restoration of ankle function, the surgical treatment was performed in distal tibia fractures. However, it is difficult to treat the distal tibia fracture surgically. There are many complications in distal tibia fracture due to highly comminuted fracture and poor soft tissue condition. There are many surgical methods for distal tibia fractures, such as, external fixator, intramedullary nailing, open reduction & internal fixation, and minimally invasive plate osteosynthesis. We reviewed the surgical treatments of distal tibia fractures.

**Key Words:** Tibia, Distal tibia fracture, Surgical treatment

### 서 론

원위 경골 골절은 그 정확한 해부학적 혹은 위치적인 정의 없이 경골 원위 간부 골절, 경골 원위 골간단부 골절, 경골 천정(pilon) 골절 등을 모두 통칭하여 혼용하여 사용되어 왔다. 경골 천정(pilon) 골절은 고에너지 손상에 의해 경골 원위부 관절면의 분쇄를 일으키는 원위 경골 골절의 일부분이며, 일반적으로 중축 압박력에

의해 발생하며 골절이 체중부하 관절면과 함께 골간단부까지 연장된 소견을 보인다. Muller 등<sup>1)</sup>은 족근 관절면과 같은 길이의 정사각형 내의 경골 골절을 경골 원위 골간단부 골절로 정의하였다. Robinson 등<sup>2)</sup>은 경골 원위 간부 골절과 천정 골절을 구별하여 분류하였고, 상대적으로 골간단부 골절은 드물다고 보고하였다. 경골 간부 골절에서는 횡골절이 나선상 골절보다 흔한데 비해 경골 골간단부 골절은 나선상 골절이 더 흔하고, 췌기상 골절의 빈도가 적으며 천정 골절과 달리 분쇄 골절의 빈도가 적다고 알려져 있다.<sup>3)</sup> 원위 경골 골절도 그 해부학적인 위치에 따른 특징을 잘 알고 치료에 적용하여야 한다.

원위 경골 골절은 주로 고에너지 손상에 의해 발생하여,<sup>4)</sup> 개방성 골절이 많고, 원위 하퇴부가 연부 조직이

Received: July 12, 2013    Revised: August 11, 2013  
Accepted: August 20, 2013

• **Corresponding Author: Jae-Jung Jeong**  
Department of Orthopedic Surgery, Daejeon St. Mary's hospital,  
520-2, Daeheung-Dong, Jung-Gu, Daejeon, 301-723, Korea  
Tel: +82-42-220-9530    Fax: +82-42-221-0429  
E-mail: jjeong@catholic.ac.kr

빈약하여 연부 조직의 동반 손상이 흔한 것으로 보고되고 있다.<sup>4,5)</sup> 관절면의 해부학적 정복과 동시에 연부조직의 회복의 안전성을 동시에 획득해야 하므로 그 치료에 어려움이 따르며, 골절부위의 피부조직의 탈피 또는 압케 손상은 흔히 괴사로 이어지게 된다.<sup>6)</sup> 원위 경골 골절을 석고 고정 등의 보존적인 치료를 할 경우 족관절의 강직은 물론 단축이나 회전 변형과 같은 합병증을 남길 가능성이 매우 높고, 수술적 방법 역시 많은 합병증이 따른다.<sup>7)</sup> 특히 족관절의 체중 부하 관절면과 골간단부를 침범하는 원위 경골 골절은 많은 치료 방법이 적용되어 왔으나 비교적 많은 합병증이 따르고 치료가 어려운 손상으로 알려져 있다.<sup>5)</sup> 이에 본 중설에서는 원위 경골 골절의 수술적 치료법에 대하여 기술하고자 한다.

## 본 론

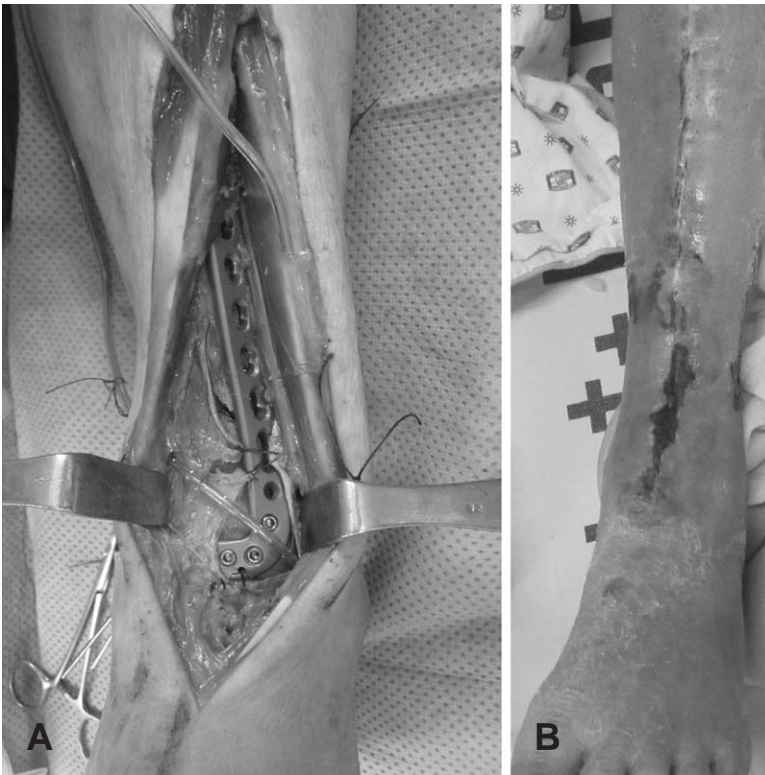
### 1. 원위 경골의 해부학

원위 경골은 전내측부가 피부 직하에 위치하여 골을 싸고 있는 연부조직이 적고 혈액 순환이 풍부하지 못하여, 골절 시 개방성 골절이나 피부 괴사 등의 연부 조직

의 손상을 동반하기 쉽다. 연부 조직이 적어 내부의 골절면에 의해 쉽게 손상을 받게 되며, 심한 부종이 일어나면 골절 수포(fracture blister)와 피부괴사가 일어나게 된다. 경골의 골간부 삼면체가 원위부로 가면서 매끄러운 원통형으로 바뀌는 구조여서 견고한 고정이 어려워 불유합, 지연유합, 관절강직 등의 합병증이 흔하게 일어나는 부위이다.<sup>8)</sup> 두꺼운 삼각형의 경골 간부는 골간단부의 경계에서부터 피질골의 두께가 얇아지고, 해면골로 채워지게 된다. 원위 경골의 내측면은 약 25도의 내측 각형성을 하고 약 20도의 내회전이 있으므로 금속판의 고정 시에 정확한 굽힘이 요구된다.<sup>9)</sup>

### 2. 원위 경골의 수술 방법

원위 경골 골절 시에는 족관절의 기능 회복을 위하여 주로 수술적 치료가 적용되고 있으나 분쇄 골절 및 적은 연부조직 등으로 인한 합병증의 발생이 많아 치료에 어려움을 겪는 경우가 흔하다.<sup>10-12)</sup> 수술적 치료 방법으로는 외고정술, 골수강 내 금속정 고정술, 관혈적 정복 및 금속판 내고정술 등이 사용되어 왔으며 이에 대한 다양한 결과들이 보고되고 있다.



**Figure 1.** (A) Conventional open reduction & internal fixation was performed. The fracture site was exposed widely and the periosteum was exfoliated. (B) Skin necrosis and wound infection occurred.

### 1) 관혈적 정복 및 금속판 고정술

고식적 관혈적 정복 및 금속판 고정술은 정확한 골절편의 정복을 통한 견고한 고정이 가능하여 부정 유합의 합병증이 적어 가장 널리 사용되어 왔으나, 골절편의 정복 및 금속판 삽입을 위한 광범위한 연부조직의 절개와 골막의 박리로 인하여 미세순환 손상이 추가되어 창상 감염, 피부 괴사, 불유합, 골수염 등의 발생율이 높다는 단점이 있다(Fig. 1).<sup>4,13-15)</sup> 고식적인 관혈적 정복 및 금속판 고정술은 저에너지 손상의 원위 경골 골절에서는 결과가 매우 좋다고 보고되었으나,<sup>16)</sup> 분쇄가 동반된 고에너지 골절에서는 심각한 연부 조직 합병증을 야기할 수 있다.<sup>12)</sup> 최근에는 대부분의 원위 경골 골절에서 광범위한 연부조직의 절개와 골막의 박리로 인한 합병증을 최소화 하기 위하여 생물학적 고정 및 간접 정복의 기법을 이용하는 최소 침습 금속판 고정술로 치료한다.

하지만 경골 원위부 관절면의 분쇄를 일으키는 경골 천정(pilon) 골절이나 관절면의 침범이 심한 골절의 경우는 관혈적 정복술로 관절면의 정확한 정복 및 견고한 내고정이 필수적이다. Barei 등<sup>17)</sup>은 잠김 압박 금속판을 이용한 최소 침습 금속판 고정술 시에 관절 내 골절에서는 유지 정도가 좋지 못하다고 하였으며, 이에 관혈적 금속판 고정술을 통한 관절면의 해부학적인 정복 및 고정술이 더욱 적합하다고 하였다. 그러나, 대부분의 원위 경골 관절면을 침범한 골절은 고에너지 손상이 많아 연부조직의 손상을 동반하는 경우가 많다. 고에너지 손상에 의한 경골 천정(pilon) 골절에서 일차적인 금속판 내고정술은 연부조직에 추가적인 손상을 가하게 되므로 연부조직에 대한 문제를 야기시킬 가능성이 높아 부종이 없는 경우를 제외하고는 일반적으로는 추천되지 않는다.<sup>12)</sup> 이와 같이 경골 천정(pilon) 골절에서의 수술 술기에 대한 논란은 여전히 있으나, 현재까지 알려진 치료법 중 단계적 수술 치료법(외고정으로 연부조직 손상 치료 후 관혈적 정복술 및 내고정술)은 경골 천정(pilon) 골절 치료의 정설화된 치료법으로 생각되고 있다.<sup>18)</sup>

### 2) 외고정술

외고정술은 연부 조직에 대한 추가적인 손상 없이 골절을 치유할 수 있는 방법으로 알려져 왔으나, 핀 주위 감염, 관절강직 및 부정유합 등의 합병증이 적지 않게 보고되고 있다.<sup>19,20)</sup> 종류로는 핀 외고정장치(pin

fixator), 원형 외고정장치(ring fixator), 하이브리드 외고정장치(hybrid fixator), 핀 없는 외고정장치(pinless external fixator), 단측면 외고정장치(Mefisto) 등이 있다.<sup>18)</sup> 술 전 계획으로 건 측 하지의 단순방사선 영상을 토대로 골절의 양상, 길이, 위치 등에 대한 정확한 평가가 이루어진 이후 사용할 외고정 장치의 길이나 종류에 대한 결정을 하는 것이 필요하다. 이때 반드시 외고정 장치의 핀을 삽입할 때 고정할 위치의 창상 상태나 혈관 및 신경 손상에 대한 주의가 필요하다. 일반적으로 경골 천정(pilon) 골절에서 외고정 장치의 사용은 C형의 방사선 증폭기를 이용하여 경비골의 정복 및 길이 회복이 적절함을 확인한 상태에서 외고정 장치를 고정하는 것이 필요하다. 최근에는 골절의 확정적인 치료방법 보다는 개방성 골절이나 연부조직 손상이 심한 경우 단계적 수술 시 일시적으로 고정을 위해 사용되고 있다. 가교 외고정 장치(bridging external fixation)는 원위 경골 골절에서 연부조직의 손상이 심하거나 심한 분쇄 골절이 동반되었을 경우 초기 접근 방법으로 적용되는 좋은 방법으로, 골절 주위의 연부조직이 회복할 수 있게 하고, 또한 골의 길이 및 정렬을 유지할 수 있게 한다.<sup>21,22)</sup> Helfet 등<sup>23)</sup>은 관절을 침범한 원위 경골 골절에서 먼저 가교 외고정 장치(bridging external fixation)를 고정하여 부종이 소실된 5~7일 후 금속판 고정술을 시행할 것을 추천하였다.

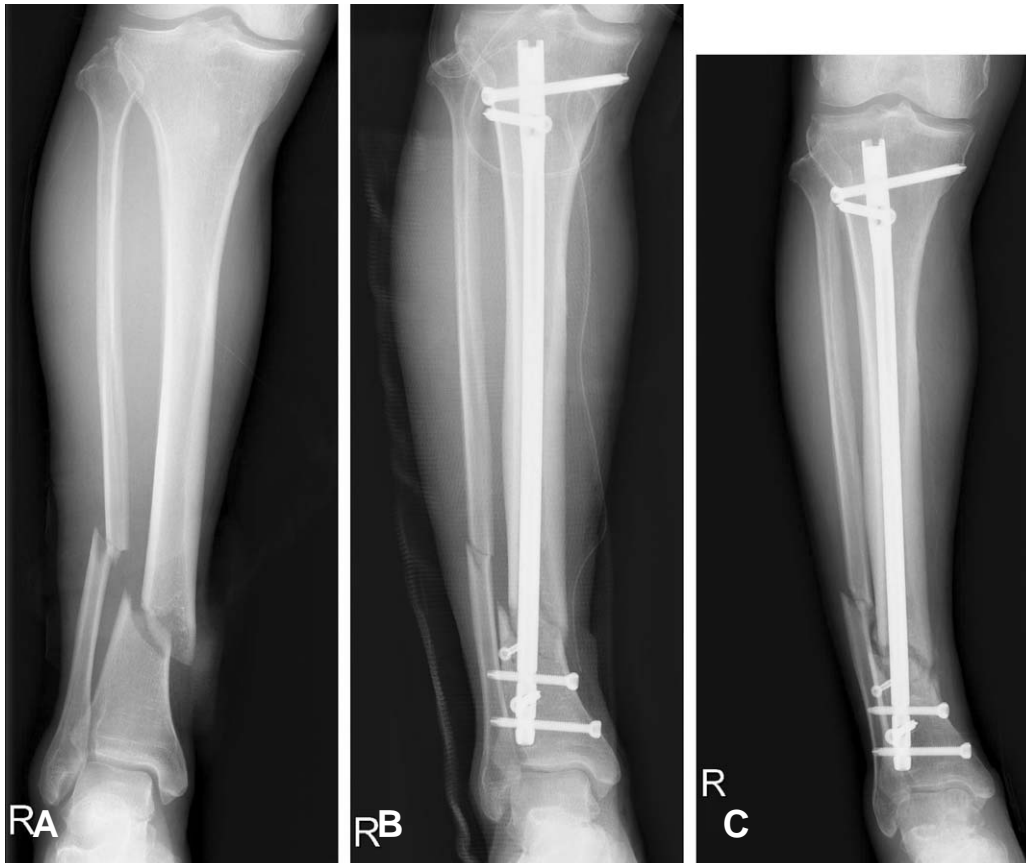
### 3) 골수내 정

골수강 내 금속정 고정술은 일반적으로 연부조직 손상이 적고, 금속판 고정술에 비해 견고한 고정으로 조기 재활이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 하지 골절에서의 골수강 내 금속정은 금속판 고정술에 비해 우월한 결과를 갖는다.<sup>24)</sup> 하지만, 원위부의 골절편이 짧은 경우와 관절내 골절, 분쇄 골절인 경우에는 고정이 어려워 부정 유합이나 불유합 등의 가능성이 높고 금속정 삽입부의 전방 슬관절 동통이 나타나는 단점이 있다.<sup>25)</sup> 골수정 고정술은 원위 경골 간부골절에서 적용될 수 있으나, 관절내 골절이 있는 경우에는 그 적용이 제한적이다. 고에너지 손상에 의한 원위 경골부 분쇄 골절을 고식적인 관혈적 정복술 및 금속판 내고정술로 치료할 경우 연부조직 합병증이 발생할 가능성이 높고 골유합도 장애를 많이 초래하기 때문에 점차적으로 연부조직을 최소한으로 조작하는 시술이 개발되었다. 금속정 내고정술은 대표

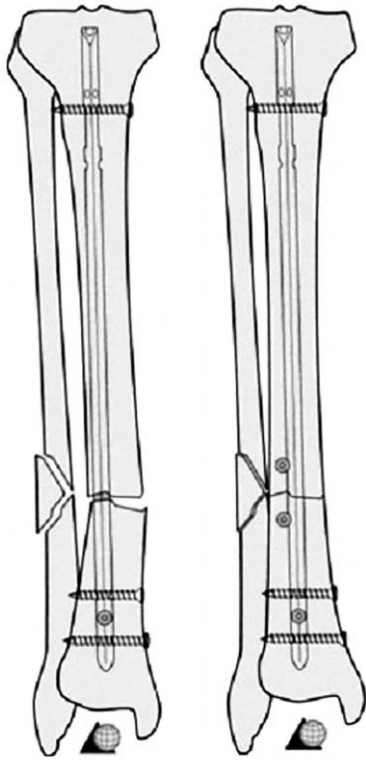
적인 치료법이며 간부 골절에서 그 성적이 우수하여 점차로 원위부 골절에서도 그 적응증이 확대되고 있다. 그러나 짧은 원위 골편은 조작하기가 어렵고 금속정 내고정 시 각 변형이 자주 발생하는데 Vallier 등<sup>26)</sup>은 5도 이상의 각 변형이 29%에서 발생하였다고 보고한 반면 Nork 등<sup>27)</sup>은 8%에서만 나타났다고 보고하였다(Fig. 2). 원위 골편을 조절하기 어려운 경우에는 외고정 기기를 이용하여 정열을 바로잡은 후에 금속정을 삽입하면 좀 더 정열을 잘 조절할 수 있다. 원위부 골편의 골수강이 골수정에 비하여 넓고 원위골편이 관상면상에서 회전되어 있는 경우에는 금속정이 전진하기 이전에 경골 원위 골편의 오목한 곳(concave side)에 간섭 나사(Poller screw, blocking screw, interference screw)를 삽입하여 금속정이 전진하면서 점진적으로 정복 되도록 유도하는데 이 때 지나치게 간섭하여(저항이 심하여) 종 골절이 발생하지 않도록 유의하여야 한다(Fig. 3).<sup>28)</sup> 짧은 원위 골편을 내고정할 때 바로 아래에 위치

한 족관절로 인하여 운동 시 굽힘 모멘트(bending moment)가 매우 크게 작용하기 때문에 견고한 내고정이 요구되나 해부학적으로 견고한 내고정을 얻기는 어려우며 Vallier 등<sup>26)</sup>은 12%에서 지연 내지는 불유합을, Nork 등<sup>27)</sup>은 10%에서 조기 자가골 이식을 시행하였다고 보고하였다. 최소 침습적 금속판 내고정법의 도입으로 원위 경골부 골절의 치료로 금속정 내고정술의 시술 빈도가 많이 감소하였으나 아직도 선택적으로 이용하면 어려운 증례를 비교적 안전하게 치료할 수 있다.

최근에는 원위 횡 나사와 금속정이 서로 맞물려서 마치 잠김 금속판과 같은 기능을 갖추고 있는 새로운 금속정이 소개되어 그 적응증이 확대될 것으로 기대되고 있다. 경골 원위 간단부 골절은 원위 골편이 짧고 관절 내 골절도 자주 동반되기 때문에 좋은 투시기 시야를 확보하고 위에서 언급한 시술과정을 잘 습득해야 수술 중에 골편의 전위, 내고정 소실, 감염, 불유합 등의 합병증을 줄일 수 있다.



**Figure 2.** (A) A 71 years old man was sustained distal tibia fracture (open grade II). (B) The postoperative radiograph shows fixation of the distal tibia using IM nail & Poller screw. (C) 2 months later, the distal tibia fracture was united with varus position.



**Figure 3.** Correction of angular malalignment using Poller screw (from Synthesis®).

#### 4) 최소 침습적 금속판 고정술

금속판 내고정술은 고식적인 금속판을 사용하는 경우 정확한 골절편의 정복을 통한 견고한 고정이 가능하나, 외상에 의한 골절부의 연부 조직 손상 부위에 수술로 인한 광범위한 피부 절개 및 골막의 박리로 미세순환 손상이 추가되어 감염 및 지연 유합, 불유합의 발생률이 높다.<sup>10-12)</sup> 이러한 합병증을 줄이고자 하는 노력으로 대두된 최소 침습적 금속판 고정술은 생물학적 고정 및 간접 정복의 기법을 이용함으로써 연부조직 손상을 최소화하고 골절 부위 혈류 손상을 줄임으로써 기존 술식으로 인한 감염, 골 유합 지연 등의 합병증을 크게 줄이고 높은 골 유합률을 얻는 것으로 보고되고 있다 (Fig. 4).<sup>5,14,15,23)</sup>

생물학적 고정 및 간접 정복의 기법을 이용하여 골절 부위의 연부조직을 박리하지 않고 인대 신연술을 이용하여 간접적으로 골 정렬을 맞춘 뒤 골막 위로 금속판을 고정하는 방법이다. 최근에는 최소 침습 골유합술에 적합하도록 얇고, 해부학적 형태의 잠김 압박 금속판들이 개발되어 수술이 좀 더 용이해지고 고정력이 증대됨으로써 우수한 결과가 보고되고 있다.<sup>5,14,15,23)</sup> 잠김 압박 금속판은 피질골과 금속판 사이의 간격이 형성되어 골



**Figure 4.** (A) A 56 years old woman had distal tibia fracture. (B) Minimal skin incisions were shown proximally and distally on the medial side of tibia. A locking compression plate was inserted into a subcutaneous tunnel. (C) The distal tibia fracture was achieved adequate reduction and bony union.

절부위에 압박력을 최소화하고 골막의 혈액 순환을 최대한 보존할 수 있어 생물학적 고정 원칙에 적합하다. 또한 골절 정복의 변형 없이 우수한 지지력을 제공함으로써 조기 관절 운동이 가능하여 낮은 합병증과 높은 골유합율을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>5,14,15,23)</sup>

하지만 최소 침습적 골유합술은 간접 정복에 의한 이차 골치유 방법으로써 각 변형에 의한 부정유합이 흔히 발생할 수 있으며,<sup>15,23,29)</sup> 많은 예에서 족관절 내측의 금속판 자극 및 피부 괴사를 호소하였다.<sup>29)</sup> 또한 최소 침습적 금속판 고정술은 수술 시 연부조직 손상을 최소화할 수 있는 장점은 있으나 초기 연부조직 손상이 심한 골절에서는 시술을 바로 할 수 없는 문제점이 있다. 개방성 골절이나 심한 연부조직 손상이 동반된 원위 경골 골절의 경우에는 일차로 외고정 장치를 통해 연부조직의 손상을 치료 후 내고정하는 방법으로 좋은 결과를 많이 보고하고 있다.<sup>11)</sup>



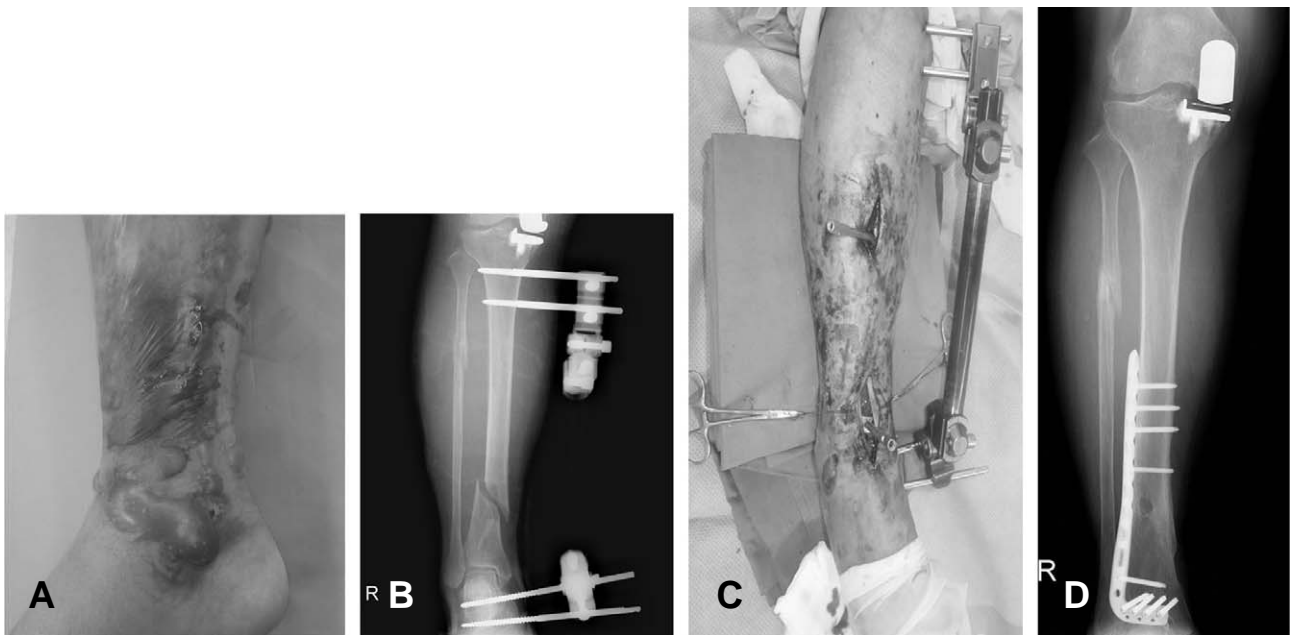
**Figure 5.** Ulceration and plate exposure on medial side of the ankle.

### 5) 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 금속판 고정술

골절선이 관절면에서 3 cm 이하인 경우 골수강 내 금속정 삽입술로는 안정성을 얻기 어렵고 조기 관절운동을 회복하기 힘들다.<sup>2,24)</sup> 최근에 이러한 합병증을 최소화하기 위해 내측 금속판을 이용한 최소 침습적 술식으로 연부조직의 손상을 최소화하고 적절한 고정을 얻는 등의 좋은 임상적 결과들을 보고하고 있다.<sup>5,14,15,23)</sup> 또한 이러한 수술법에 적합하도록 얇고, 해부학적 형상에 잘 맞는 모양(anatomically pre-shaped)으로 도안된 금속판들이 소개됨으로써 수술이 좀 더 용이하게 되었다. 하지만 경골의 내측은 피하 연부조직이 적어 금속판이 피부 바로 밑에 위치하게 되어 피부 자극 증상 등의 불편감을 줄 수 있다. 저자에 따라서는 20~30%까지도 내측 금속판 자극을 호소하는 경우도 있었다.<sup>29)</sup> 또한 개방성 골절은 대부분 내측 약한 연부조직을 통해 발생하며, 족관절 내측부에 연부조직의 손상이 심한 경우 수술 후 피부 괴사 및 금속판 노출을 초래할 수 있다(Fig. 5).<sup>29,30)</sup> 이와 같은 내측 금속판을 이용한 내고정술의 단점을 보완하기 위해 최근에는 경골의 외측으로 최소 침습적 술식을 이용하여 외측 금속판 고정술을 시행하여 좋은 결과를 보고하고 있다.<sup>30)</sup> 원위 경골 골절의 치료에서 내과 골부에 외상으로 인한 심한 연부조직의 손상이 있고 골절선이 관절면에서 3 cm이하로 가까울 때, 일차로 외고정 장치를 이용하여 연부조직의 손상을 최소화한 후, 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 경피적 골유합술을 시행하여, 간접 정복과 생물학적 고정으로 연부조직의 손상을 줄이고, 골절 부위로의 혈류를 보존하여 적절한 고정을 얻음으로써 전 예에서 만족할 만한 골유합을 얻을 수 있다(Fig. 6). 또한 금속판 고정술 시 외고정 장치를 유지하여 골절부의 정복을 유지한 채로 수술을 시행하여, 수술이 용이하고, 수술시간이 짧다. 전방 접근법을 이용하기 때문에 관절내 골절의 정복이 용이하고, 연부조직이 빈약한 족관절 내측의 손상이 없어 수술 후에도 금속판 자극 등의 합병증이 없다. 아직은 초기 단계로 장기적 추시 결과는 발표되고 있지는 않지만, 이러한 최소 침습적 경피적 외측 금속판 고정술도 원위 경골 치료 시 좋은 선택적 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 결 론

원위 경골 골절은 골절의 위치가 관절면에 가깝고 분



**Figure 6.** (A) A 65 years old woman was sustained distal tibia fracture with severe soft tissue swelling and blister. (B) A temporary external fixator was applied to reduce the fracture and to maintain the length and alignment of the limb. (C) After the damage control, anterolateral plate was inserted through minimal anterior approach by minimally invasive plate osteosynthesis technique. The fracture was reduced by external fixator applied at 1st staged operation. (D) At postoperative 5 months, the bony union of the fracture site is visible.

쇄가 심하며 주위 연부조직의 손상이 많아 치료가 어려운 골절이다. 고식적 관혈적 정복술 및 내고정술은 관절면의 정확한 정복 및 골절편의 견고한 내고정은 가능하나 광범위한 연부조직 박리에 의한 연부조직 괴사, 심부감염, 불유합 등의 합병증이 많다. 외고정술은 편 주위감염, 관절강직 및 부정 유합 등의 합병증으로 최근에는 개방성 골절이나 연부조직 손상이 심한 경우 단계적 수술 시 일시적으로 고정을 위해 가교 외고정 장치로 사용되고 있다. 골수강 내 금속정 고정술은 골유합이 빠르고 합병증이 적어 경골 원위 간부 골절에서 가장 널리 사용하는 치료 방법으로 알려져 있지만, 골절선이 관절면에서 3 cm이하인 경우 넓은 골수강으로 인해 골수강 내 금속정 삽입술은 교합나사의 삽입과정에서 금속정의 이동이 가능하고, 적절한 고정력을 얻기 어려워 조기 관절운동을 회복하기 힘들어 제한적인 경우에만 사용한다. 최근에 이러한 합병증을 최소화하기 위해 선호되고 있는 내측 금속판을 이용한 최소 침습적 술식은 경골의 전내측 부위에 금속판을 경피적으로 넣어 가교 금속판 형식으로 고정하는 술기로, 생물학적인 고정을 통해 연부조직의 손상을 최소화하고, 골절 주위의 혈류 및 혈

종을 보존하여 좋은 임상적 결과들을 보고하고 있다. 하지만 이 또한 족관절 내측의 금속판 자극, 피부괴사, 관절면 정복의 제한점이 있어 최근에는 이를 보완하기 위한 원위 횡 나사와 금속정에 잠금 기능이 있는 금속정, 외측 최소 침습 금속판 고정술 등이 소개되고 있다. 원위 경골 골절 시 골절의 양상, 연부조직의 상태 등을 잘 파악하고 각 수술법의 장단점을 파악한 후 알맞은 수술법을 적용하여야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Muller M, Nazarian S, Koch P, Liebergall M. *The comprehensive classification of fractures of long bones*. Edited, Berlin, Springer-Verlag, 1990.
2. Robinson CM, McLauchlan GJ, McLean IP, Court-Brown CM. Distal metaphyseal fractures of the tibia with minimal involvement of the ankle. Classification and treatment by locked intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77:781-7.
3. Oni OO, Hui A, Gregg PJ. *The healing of closed tibial shaft*

- fractures. *The natural history of union with closed treatment. J Bone Joint Surg Br.* 1988;70:787-790.
4. **Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP.** Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int Orthop.* 2008;32:697-703.
  5. **Helfet DL, Suk M.** Minimally Invasive percutaneous plate osteosynthesis of fractures of the distal tibia. *Instr Course Lect.* 2004;28:42-7.
  6. **Rüedi TP, Allgöwer.** Fractures of the lower end of the tibia into the ankle joint. *Injury.* 1969;1:92-9.
  7. **Ayeni JP.** Pilon fractures of the tibia: a study based on 19 cases. *Injury.* 1988;19:109-14.
  8. **Wyrsh B, McFerran MA, McAndrew M, et al.** Operative treatment of fractures of the tibial plafond. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1646-57.
  9. **Helfet DL, Koval K, Pappas J, Sanders RW, DiPasquale T.** Intraarticular "pilon" fractures of the tibia. *Clin Orthop.* 1994;298:221-8.
  10. **Collinge C, Protzman R.** Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis for metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24:24-9.
  11. **Park KC, Oh CW, Oh JK, et al.** Staged minimally invasive plate osteosynthesis of distal tibial fractures. *J Korean Fracture Soc.* 2010;23:289-95.
  12. **Teeny SM, Wiss DA.** Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;292:108-17.
  13. **Foux A, Yeadon AJ, Uthoff HK.** Improved fracture healing with less rigid plate. A biomechanical study in dogs. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;339:232-45.
  14. **Hasenboehler E, Rikli D, Babst R.** Locking compression plate with minimally invasive plate osteosynthesis in diaphyseal and distal tibial fracture: a retrospective study of 32 patients. *Injury.* 2007;38:365-70.
  15. **Lee KB.** Distal tibia fracture: plate osteosynthesis. *J Korean Fracture Soc.* 2009;22:306-13.
  16. **Rüedi TP, Allgöwer.** The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;138:105-10.
  17. **Barei DP, Nork SE.** Fractures of the tibial plafond. *Foot Ankle Clin.* 2008;13:571-91.
  18. **Lee JY.** Current treatment of tibial pilon fractures. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2011;15:51-7.
  19. **Holbrook JL, Swiontkowski MF, Sanders R.** Treatment of open fractures of the tibial shaft: ender nailing versus external fixation. A randomized, prospective comparison. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:1231-8.
  20. **Pugh KJ, Wolinsky PR, McAndrew PM, Johnson KD.** Tibial pilon fractures: a comparison of treatment methods. *J trauma.* 1999;47:937-41.
  21. **Marsh JL, Bonar S, Nepola JV, Decoster TA, Hurwitz SR.** Use of an articulated external fixator for fractures of the tibial plafond. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:1498-509.
  22. **Saleh M, Shanahan MD, Fern ED.** Intraarticular fractures of the distal tibia: surgical management by limited internal fixation and articulated distraction. *Injury.* 1993;24:37-40.
  23. **Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr.** Operative Minimally Invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury.* 1997;28:42-8.
  24. **Asche G.** Results of the treatment of femoral nad tibial fractures following interlocking nailing and plate osteosynthesis. A comparative retrospective study. *Zentralbl Chir.* 1989;114:1146-54.
  25. **Hahn D, Bradbury N, Hartley R, Radford PJ.** Intramedullary nail breakage in distal fractures of the tibia. *Injury.* 1996;27:323-7.
  26. **Vallier HA, Le TT, Bedi A.** Radiographic and clinical comparisons of distal tibia shaft fractures: plating versus intramedullary nailing. *J Orthop trauma.* 2008;22:307-11.
  27. **Nork SE, Schwartz AK, Agel J, Holt SK, Schrick JL, Winquist RA.** Intramedullary nailing of distal metaphyseal tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1213-21.
  28. **Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Stephan C, Mölmann U, Tscherne H.** The mechanical effect of blocking screws ("Poller screws") in stabilizing tibia fractures with short proximal or distal fragments after insertion of small-diameter intramedullary nail. *J Orthop Trauma.* 1999;13:550-3.
  29. **Kim WY, Ji JH, Kwon OS, et al.** Clinical features of distal tibial fractures and treatment results of minimally invasive plate osteosynthesis. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2012;16:94-100.
  30. **Shon OJ, Kim DS.** Minimally Invasive percutaneous plate osteosynthesis using a lateral plate in distal tibial fracture. *J Korean Fracture Soc.* 2010;23:42-9.