

원위 경골 골절에서 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 경피적 금속판 골유합술

손 욱 진 · 김 대 성

영남대학교 의학대학 정형외과학교실

목 적: 원위 관절면에서 3 cm 내에 위치하고 내측 연부 조직의 손상이 동반된 원위 경골 골절에서 외측 금속판 (Zimmer, Periarticular Lateral Distal Tibial Plates, USA)을 이용하여 최소 침습적 경피적 금속판 골유합술 후 그 유용성에 대해 평가해보고자 한다.

대상 및 방법: 원위 경골 골절로 2005년 1월부터 2007년 12월까지 본원에서 외측 금속판을 이용하여 최소 침습적 경피적 금속판 골유합술 후 최소 1년 이상의 추시가 가능하였던 15예를 대상으로 하였다. 방사선 사진을 통해 골유합 시기를, IOWA ankle rating system을 이용해 임상적 결과를 평가하였으며, 합병증을 알아보았다.

결 과: 전 예에서 방사선학적인 골유합을 얻었으며 평균 골유합 기간은 16.7 (12~20)주였다. 족관절 기능적 평가에서는 평균 90.3점으로 만족할 만한 결과를 얻었다. 최종 추시 시 전 예에서 불유합, 5도 이상의 각변형 및 감염은 없었다.

결 론: 원위 관절면에서 3 cm 내에 위치하고 내측 연부 조직의 손상이 동반된 원위 경골 골절에서 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 경피적 금속판 골유합술은 만족할 만한 골유합률과 낮은 합병증으로 기능적 회복을 얻을 수 있는 유용한 방법으로 생각된다.

색인 단어: 원위 경골 골절, 최소 침습적 경피적 금속판 골유합술, 외측 금속판

Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis Using a Lateral Plate in Distal Tibial Fracture

Oog Jin Shon, M.D., Dae Sung Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: To evaluate the efficacy of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using a lateral plate (Zimmer, Periarticular Lateral Distal Tibial Plates, USA) in distal tibial fracture within 3 cm to plafond, associated with medial soft tissue damage.

Materials and Methods: From January 2005 to December 2007, 15 patients with distal tibial fracture treated by MIPPO technique using a lateral plate were analyzed. The duration of follow-up was more than 1 year. We evaluated union time by simple X-ray, clinical results by IOWA ankle rating system, and complication.

Results: The bone union was achieved in all cases at average 16.7 weeks. Evaluation of the ankle function test showed an average of 90.3 points, resulting in satisfactory. At the last follow-up, there was no non-union, angular deformity more than 5 degrees or infection.

Conclusion: We concluded that MIPPO technique using a lateral plate is a efficient method for high functional recovery with good bone healing and low complication in distal tibial fracture within 3 cm to plafond, associated with medial soft tissue damage.

Key Words: Distal tibial fracture, Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO), Lateral plate

통신저자 : 손 욱 진
대구시 남구 대명1동 317-1
영남대학교병원 정형외과
Tel : 053-620-3645 • Fax : 053-628-4020
E-mail : min1913@hanmail.net

Address reprint requests to : Oog Jin Shon, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Yeungnam University Hospital,
317-1, Daemyeong-dong, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel : 82-53-620-3645 • Fax : 82-53-628-4020
E-mail : min1913@hanmail.net

접수: 2009. 5. 18
심사(수정): 2009. 8. 12
게재확정: 2009. 10. 25

서 론

원위 경골 골절은 골절의 위치가 관절면에 가깝고 분쇄가 심하며 주위 연부 조직의 손상이 많아 치료가 어려운 손상으로 알려져 있으며, 과거 전통적인 관혈적 정복술 후 금속판 내고정술이나 다양한 방법의 외고정술은 연부 조직 피사, 심부 감염, 골수염 등의 여러 가지 합병증이 보고되었다^{1,16,23)}. 또한 골절선이 관절면에서 3 cm 이하인 경우 골수강내 금속정 삽입술로는 안정성을 얻기 어렵고 조기 관절운동을 회복하기 힘들다^{7,22)}. 최근에 이러한 합병증을 최소화하기 위해 내측 금속판을 이용한 최소 침습적 술식으로 연부조직의 손상을 최소화하고 적절한 고정을 얻는 등의 좋은 임상적 결과들을 보고하고 있다^{3,8,14,21)}. 또한 이러한 수술법에 적합하도록 얇고, 해부학적 형상에 잘 맞는 모양 (anatomically pre-shaped)으로 도안된 금속판들이 소개됨으로써 수술이 좀더 용이하게 되었다. 하지만 경골의 내측은 피하 연부 조직이 적어 금속판이 피부 바로 밑에 위치하게 되어 피부 자극 증상 등의 불편감을 줄 수 있고, 내측부에 연부 조직의 손상이 심한 경우 수술 후 피부 피사 및 금속판 노출을 초래할 수 있다^{9,14,18,21)}. 따라서 경골의 외측으로 최소 침습적 술식을 이용하여 외측 금속판 고정술을 시행하게 되었으며 아직까지 이와 관련된 논문은 많지 않다. 이에 저자들은 골절선이 원위 관절면에서 3 cm 내에 위치하고 내측 연부 조직의 손상이 동반된 원위 경골 골절에서 외측 금속판 (Zimmer, Periarticular Lateral Distal Tibial Plates, USA)을 이용하여 최소 침습적 경피적 금속판

골유합술을 시행한 후 치료 결과를 분석하고 그 유용성에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상 및 방법

골절선이 원위 관절면에서 3 cm 내에 위치하고 내측 연부 조직의 손상이 동반된 원위 경골 골절로 2005년 1월부터 2007년 12월까지 본원에서 외측 금속판을 이용하여 최소 침습적 술식을 시행하고 최소 1년 이상의 추시가 가능하였던 15예를 대상으로 하였다. 환자의 평균 연령은 56.1 (38~74)세였고, 남자가 8명, 여자가 7명이었다. 골절의 원인으로는 교통사고가 9예, 실족 사고가 6예였다. AO/OTA 골절 분류에서 A1형 골절이 1예, A2형 골절이 8예, A3형 골절이 5예, C1형 골절이 1예였고, 개방성 골절은 7예였고 Gustillo-Anderson 분류에서 I형이 1예, II형이 4예, IIIA형이 2예였다 (Table 1). 비골 골절이 동반된 경우는 12예였고, 내과 골절이 동반된 경우는 1예였다.

평균 추시기간은 14.4 (12~20)개월이었으며, 수상 후 금속판 내고정술 시행까지의 기간은 폐쇄성 골절인 경우 평균 2.3일이었고 개방성 골절인 경우는 심한 부종 및 연부 조직의 손상으로 인해 일시적인 외고정술이 필요하여 평균 17.7일에 수술을 시행하였다. 동반된 비골 외과 골절은 12예 모두 고정술을 시행하였고, 9예는 금속판 및 나사못을 이용한 내고정술을, 외측 연부조직의 손상이 심한 3

Table 1. Patient data

Case	Age/Sex	Injury mechanism	AO/OTA classification	G-A* classification	Union time	Ankle [†] scoring	Complication
1	74/M	TA [‡]	A2	Closed	16	92	No
2	51/F	TA	A3	Type I	18	94	No
3	38/M	TA	C1	Type II	16	98	No
4	50/M	TA	A3	Type II	20	92	No
5	59/F	SD [§]	A2	Closed	20	96	No
6	66/M	SD	A1	Closed	12	96	No
7	58/F	TA	A2	Closed	16	94	No
8	53/F	SD	A2	Closed	16	88	No
9	64/M	SD	A3	Closed	12	88	No
10	63/F	TA	A3	Type III	14	86	LOM
11	41/M	TA	A2	Type II	16	86	No
12	65/F	TA	A2	Type III	20	76	LOM
13	65/F	TA	A2	Closed	14	88	No
14	54/M	SD	A2	Type II	18	88	No
15	41/M	SD	A3	Closed	18	92	No

*G-A: Gustillo-Anderson classification, [†]Ankle scoring: IOWA ankle rating system, [‡]TA: Traffic accident, [§]SD: Slip down, ^{||}LOM: Limitation of motion.

에는 Rush pin을 이용한 골수강내 고정술을 시행하였다.

2. 수술 방법 및 수술 후 처치

환자를 전신마취 또는 척추마취하에 방사선 투시가 가능한 수술대 위에 양와위로 눕힌 후 비골 외과 골절이 동반되어 있는 경우 비골에 대한 고정을 먼저 시행하였다. Rush pin으로 고정할 때에는 달리 금속판으로 고정시에는 전방 피판의 파사 발생의 가능성을 낮추기 위해 최소 침습적 술식을 사용하였거나 경골의 외측 절개선과의 거리를 최대한 멀리하기 위해 가능한 한 비골의 외측으로 접근하여 고정을 시도하였다. 비골 고정 후 C형 방사선 투시기 보조하에 도수 견인으로 원위 경골 골절부의 간접적 정복을 시행하였다. 견인을 통한 도수 정복으로 원위 경골 골간단부의 정렬을 얻은 후 족관절 전외측 접근법으로 원위부는 족관절에서 1 cm 상방에서 시작하여 근위부로 2~3 cm가량의 종절개를 가하고, 근위부는 나사 고정 부위가 필요한 만큼의 최소한의 길이로 3~4 cm가량의 종절개를 시행한 후 족무지신건과 전경골근 사이 또는 족무지신건과 장지신건 사이로 경골을 노출시켜 신경혈관 구조물을 적절하게 견인 후에 골막의 박리 없이 금속판을 삽입하였다 (Fig. 1A, B). 금속판 삽입 시 영상 증폭기 감시하에 금속판을 골절의 원위부에서 근위부로 경피적으로 밀어넣고 정복을 확인한 후 먼저 해면 나사로 원위부를 고정하고, 근위부를 피질 나사로 고정한 후 골절의 정복 상태 및 금속

판 위치의 적절성을 재차 확인하였다 (Fig. 1C, D). 전 예에서 외측 금속판을 사용하였고, 나사의 수는 골절 원위부 및 근위부에 최소 3개 이상의 수로 고정하였으며, 최대한 안정성을 갖도록 하였다. 수상 당시 개방성 골절이 있는 7예 중 부종과 개방창이 심하여 즉각적인 내금속판 고정술이 힘든 6예의 경우에 초기 도수정복 및 가교 외고정 장치를 시행하였고 내과 골절이 동반된 1예에서는 K-강선 고정술 시행하였다. 그리고 개방창의 충분한 상처 치료 후 연부조직이 회복한 다음에 금속판 고정술을 시행하였는데, 외고정 장치 기간 동안 충분한 항생제 치료와 상처 치료로 골수염과 상처 감염을 제거한 뒤 2예에서 피판술을 시행하였다 (Fig. 2).

수술 후 골절선이 관절면을 포함하지 않은 경우는 수술 후 2일째부터 족관절 및 슬관절의 관절운동을 시행하였고, 골절선이 관절면을 포함한 1예에서는 수술 후 약 2주간 장하지 석고부목을 하였으며 그 후 관절운동을 시행하였다 (Fig. 3). 특히 외고정 장치를 시행하여 장기간의 족관절 운동을 하지 못한 환자들은 지속적이고 충분한 관절운동을 시행하도록 하였다. 모든 환자에서 수술 후 4~6주부터 부분체중 부하를 허용하였고 완전 체중 부하는 골유합이 확인되고, 골절부에 통증이 없으면 시작하였다.

3. 치료 결과의 평가 방법

수술 후 정기적인 방사선 사진을 통해 추시기간 중 골유



Fig. 1. (A) The initial film shows a comminuted fracture of the distal tibia with medial open wound. (B) Lateral plate was inserted anterolaterally through mini skin incision. (C) The location and size of plate was verified by C-arm. (D) Postoperative radiograph shows satisfactory position of plate and screws.



Fig. 2. (A) A 64 year old man sustained a right distal tibial fracture (AO/OTA type 43, A3) with medial open wound after traffic accident.

(B) First, lateral malleolar fracture was fixed using MIPPO technique, and bridge external fixator was applied.

(C) After 3 weeks, lateral plate fixation of distal tibia using MIPPO technique was performed, and postoperative radiograph at 1 year after the injury shows solid bony union and satisfactory alignment.



Fig. 3. (A) A 38 year old man sustained an intraarticular fracture of right distal tibia (AO/OTA type 43, C1) after traffic accident. (B) Medial open wound was showed. (C) First, lateral malleolar and tibial intraarticular fracture were fixed, and bridge external fixator was applied. (D) After 1 week, lateral plate fixation of distal tibia using MIPPO technique was performed, and postoperative radiograph shows satisfactory alignment.

합 시기와 불유합 또는 부정 유합 등의 합병증을 조사하였다. 골유합의 정의는 방사선적으로 경골의 전후, 측면 사진상 가골의 성숙이 골절면의 3/4 이상 폐쇄된 경우로 하였으며, 임상적으로 골절 부위의 압통과 움직임이 없는 상태로 정의하였다. 또한, 각 변형은 5도 이상의 각 변형이 있을 때 변형이 있다고 정의하고, 건측 경골에 비해 10 mm 이상 짧을 때 단축이 있다고 정의하였다. 족관절의 기능적 평가는 IOWA ankle rating system¹⁷⁾을 이용하여 마지막 추시 방문 시 이학적 검사와 설문조사를 통해 측정하였다. 족관절의 기능, 통증소실 정도, 보행 정도, 그리고 족관절의 운동범위 정도의 4가지로 나누어 조사하였으며 총 100점에서 90~100점은 우수 (excellent), 80~89는 양호 (good) 그리고 70~79는 보통 (fair)으로 분류하였다. 합병증으로는 창상의 파열이나 피부괴사, 연부조직의 감염, 금속판의 자극 증상 유무 등을 조사하였다.

결 과

평균 수술시간은 63.5분이었고 전 예에서 방사선학적인 골유합을 얻었으며 평균 골유합 기간은 16.7 (12~20)주였고 폐쇄성 골절인 경우는 평균 16주, 개방성 골절인 경우는 평균 17.4주였다. 전 예에서 5° 이상의 각변형이나 1 cm 이상의 단축 소견은 보이지 않았으며 족관절의 기능 평가에서는 마지막 추시 시 평균 90.3점으로 8예에서 우수, 6예에서 양호를 보여 15예 중 14예에서 만족할 만한 결과

Table 2. IOWA ankle rating system

Scores	No	Mean
90~100 (Excellent)	8	94.6
80~89 (Good)	6	85.3
70~79 (Fair)	1	76

를 얻었다 (Table 2). 합병증으로 족관절의 운동 제한이 2예가 있었지만 그 이외에 불유합이나 지연 유합, 피부 괴사, 표재성 또는 심부 감염, 나사못의 파손 등의 다른 합병증은 나타나지 않았고, 금속판 자극 증상도 보이지 않았다.

고 찰

경골 골절은 고에너지 손상에 의해 발생하는 경우가 많아 골절의 분쇄 정도가 심하고 주위 연부조직의 손상을 빈번히 초래하며, 족관절과 인접해 있어서 치료 후 운동장애를 일으키기 쉽다. 따라서 관절면의 해부학적 정복과 동시에 연부조직의 회복의 안정성을 동시에 획득해야 하므로 치료에 많은 어려움이 있다^{1,16,23)}.

과거 외고정 장치를 이용한 고정법은 심한 분쇄가 있는 골절의 재건이 힘들며 지연 유합, 부정 유합, 핀 삽입부 감염, 외상성 관절염 등의 문제점이 많이 발생하였고^{10,25)}, 고식적인 관혈적 정복술 및 금속판 내고정술은 골절부의 외상에 의한 연부조직 손상에 수술로 인한 피부 절개 및 골

막의 박리로 미세 순환 손상이 추가되어 감염 및 지연 유합이나 불유합이 높은 것으로 보고되고 있다^{6,7)}. 골수강내 금속정 고정술은 골유합이 빠르고 합병증이 적어 경골 간부 골절에서 가장 널리 사용하는 치료 방법으로 알려져 있지만^{2,20)}, 골절선이 관절면에서 3 cm 이하인 경우 넓은 골수강으로 인해 골수강내 금속정 삽입술은 교합나사의 삽입 과정에서 금속정의 이동이 가능하고, 적절한 고정력을 얻기 어려워서 조기 관절운동을 회복하기 힘들다^{5,22)}.

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 혈종을 보존하여 좋은 임상적 결과들을 보고하고 있다^{3,8,13,18)}. 최근에 Borrelli 등⁴⁾은 전경골 및 후경골 동맥의 분지들에 의한 골의 혈류 (extrasosseous blood supply)가 원위 경골 골간단부에 많이 존재함을 알아내고, 관혈적 정복술시에 골의 혈류량이 심각하게 손상됨을 보고하였다. Pai 등¹⁹⁾ 및 Yoo 등²⁶⁾은 내측 금속판을 이용한 최소 침습적 술식을 시행하여 모두 골유합을 얻었고 임상적인 만족도 또한 우수하였다고 보고하여 원위 경골 골절에서의 좋은 치료 방법 중의 하나로 생각된다. 또한 이러한 수술법에 적합하도록 얇고, 해부학적 형상에 잘 맞는 금속판들이 소개됨으로써 수술이 좀더 용이하게 되었다. Kim 등¹²⁾은 내측 관절주위 금속판으로 최소 침습적 술식을 시행하여 피부 자극증상 없이 전 예에서 골유합을 얻었으며, 관절주위 금속판이 한국인에게 적합한 형태라고 보고하였다. 하지만 경골의 내측은 피하 연부 조직이 적어 특히, 내과골 부위에서 금속판으로 인한 피부 자극 증상 등의 불편감을 줄 수 있고 심한 경우 골유합을 얻은 후 금속 제거술이 필요할 수 있으며 내측부에 연부 조직의 손상이 심한 경우 수술 후 피부 괴사 및 금속판 노출 등의 합병증을 초래할 수 있다^{9,18,21)}.

이에 저자들은 원위 경골 골절에서 골절선이 관절면에서 3 cm 내에 위치하고 개방성 골절 등으로 내측 연부조직의 손상이 있는 경우 안정적인 고정력을 얻고 조기 관절운동을 회복하며, 내측 창상 등으로 인한 금속판 노출의 위험성을 피하기 위하여 경골의 내측이 아닌 외측으로, 외측 금속판을 이용하여 최소 침습적 경피적 술식을 시행하였다. 저자들의 방법은 내측 금속판을 이용한 최소 침습적 술식과 마찬가지로 골절부를 직접적으로 피하여 전외측부에 최소 절개를 가하고 간접적인 정복을 통하여 경골의 외측에 가교 금속판 형식으로 고정하는 것이다. Hong 등¹¹⁾은 20예의 원위 경골 골간단부 골절에서 외측 금속판인 periarticular lateral distal tibial plate (Zimmer, USA)와 May anatomical plate (Link, Germany)를 이용한 최소 침습적

술식으로 전 예에서 일차적으로 평균 16.4주에 골유합을 얻었으며 전 예에서 양호 이상의 주관적인 만족도를 보였고, 내고정 실패나 창상의 감염, 금속판의 자극 증상 등은 보이지 않았다고 하였다. 저자들의 경우에도 전 예에서 골유합을 얻었으며 평균 골유합 기간은 16.7주였고, 주관적인 만족도 또한 15예 중 14예에서 양호한 결과를 보였다. 또한 내측 금속판으로 인해 생길 수 있는 피부 자극 증상은 보이지 않았고, 내측 연부조직의 손상 부위를 피하여 금속판을 고정하여 피부 괴사나 감염 등의 합병증도 관찰되지 않았다.

해부학적으로 원위 경골의 전외측 접근법으로 최소 침습적 술식을 이용하여 고정하는 경우 신경혈관 구조물의 손상이 발생할 수 있으므로 조심스러운 접근이 필요한데, Wolinsky 등²⁷⁾에 의하면 원위 경골의 외측 절개시 천비골 신경은 경피적으로 위치해 있어 눈으로 확인하기 쉬우나, 심비골 신경과 전경골 혈관은 원위 경골의 전방으로 금속판을 가로질러 지나가므로 손상의 위험성이 높다. 이러한 위험성을 피하기 위해 저자는 두 가지 방법으로 접근을 하였는데 먼저 절개선을 족부지 신전건과 전경골근 사이로 넣을 때는 원위 경골을 노출시킨 후 신경혈관 구조물이 없는 것을 확인 후에 금속판을 삽입 및 고정하였으며, 신경혈관 구조물을 눈으로 직접 확인하고자 할 때는 족부지신건과 장지신건 사이로 접근하여 신경혈관 구조물을 절개 (dissection) 후 조심스럽게 당김 후에 금속판을 삽입 및 고정하였다. 최근에는 후자의 방법을 선호하는 편이며, 저자들의 경우 신경혈관 구조물의 손상은 없었다.

가교 외고정 장치 (bridging external fixation)는 원위 경골 골절에서 연부 조직의 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^{15,24)}. Helfet 등⁸⁾은 관절을 침범한 원위 경골 골절에서 먼저 가교 외고정 장치를 고정하여 부종이 소실된 5~7일 후 금속판 고정술을 시행할 것을 추천하였다. 본 연구에서는 개방성 원위 경골 골절에서 심한 부종이 있거나 다발성 수포로 인해 일차적 고정이 힘든 고에너지 골절 6예에서 종골과 경골에 각각 고정하는 가교 외고정 장치를 이용하여 정렬을 유지하고 연부 조직의 회복을 얻은 후 수상 후 평균 17.7일에 외측 금속판 고정술을 시행하여 전 예에서 골유합을 얻었다.

골절 치유 후 2예에서 족관절의 운동 장애가 발생하였는데, 1예는 경골 및 비골골절 양상이 심한 분쇄상을 나타내어 과감한 물리치료가 어려웠던 경우이고, 다른 1예는 골유합은 20주에 얻었으나 동측의 종골 골절 치료 및 광범위한 개방성 연부조직의 손상으로 인한 외고정장치 및 피관

술 2차례 시행으로 장기간 관절 운동제한이 있는 경우로 현재 물리치료하면서 경과관찰 중에 있으며, 그 외에는 정상범위로 회복되었다.

결과적으로 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 경피적 골유합술은 최소 절개를 사용하고 경골의 골막을 박리하지 않아 골절부의 혈행 공급을 유지함으로써 지연 유합이나 불유합 없이 최소 침습적 내측 금속판 고정술과 비슷한 골유합을 얻고 조기 관절 운동과 체중부하를 시행하여 만족할만한 임상적 결과를 얻을 수 있었으며 수술 후 금속판에 의한 피부 자극이 없는 장점이 있었으나 전체 집단의 크기가 작아 좀 더 많은 증례가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

원위 경골 골절의 치료에서 내과골부에 외상으로 인한 심한 연부 조직의 손상이 있고 골절선이 관절면에서 3 cm 이하로 가까울 때 외측 금속판을 이용한 최소 침습적 경피적 골유합술을 시행하여, 간접 정복과 생물학적 고정으로 연부 조직의 손상을 줄이고, 골절 부위로의 혈류를 보존하여 적절한 고정을 얻음으로써 전 예에서 만족할 만한 골유합을 얻었으며, 주관적인 만족도 또한 우수하였다. 최소 침습적 경피적 외측 금속판 골유합술은 원위 경골 골절의 치료 시 좋은 선택적 대안 중 하나라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Anglen JO: Early outcome of hybrid external fixation for fracture of the distal tibia. *J Orthop Trauma*, **13**: 92-97, 1999.
- 2) Asche G: Result of the treatment of femoral and tibial fractures following interlocking nailing and plate osteosynthesis. A comparative retrospective study. *Zentralbl Chir*, **114**: 1146-1154, 1989.
- 3) Borg T, Larsson S, Lindsjo U: Minimally-invasive plating of distal tibia fractures: preliminary results in 21 patients. *Injury*, **35**: 608-614, 2004.
- 4) Borrelli J Jr, Prickett W, Song E, Becker D, Ricci W: Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: a human cadaveric study. *J Orthop Trauma*, **16**: 691-695, 2002.
- 5) Brumback RJ, McGarvey WC: Fractures of the tibial plafond. *Orthop Clin North Am*, **26**: 273-285, 1995.
- 6) Fan CY, Chiang CC, Chuang TY, Chiu FY, Chen TH: Interlocking nails for displaced metaphyseal fractures of the distal tibia. *Injury*, **36**: 669-674, 2005.
- 7) Hahn D, Bradbury N, Hartley R, Radford PJ: Intramedullary nail breakage in distal fractures of the tibia. *Injury*, **27**: 323-327, 1996.
- 8) Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr: Operative Minimally Invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury*, **28**: 42-48, 1997.
- 9) Helfet DL, Suk M: Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis of fractures of the distal tibia. *Instr Course Lect*, **53**: 471-475, 2004.
- 10) 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*, **71**: 1231-1238, 1989.
- 11) Hong KD, Ha SS, Chung NS, Sim JC, Ahn SC: Lateral fixation of distal tibial metaphyseal fracture using minimally invasive plate osteosynthesis technique. *J Korean Fracture Soc*, **19**: 22-28, 2006.
- 12) Kim YM, Yang JH, Kim DK: Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis using periarticular plate for distal tibial fractures. *J Korean Fracture Soc*, **20**: 315-322, 2007.
- 13) Krackhardt T, Dilger J, Flesch I, Höntzsch D, Eingartner C, Weise K: Fractures of the distal tibia treated with closed reduction and minimally invasive plating. *Arch Orthop Trauma Surg*, **125**: 87-94, 2005.
- 14) Maffulli N, Toms AD, McMurtie A, Oliva F: Minimally-invasive plating of distal tibial fractures. *Int Orthop*, **28**: 159-162, 2004.
- 15) 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*, **77**: 1498-1509, 1995.
- 16) Marsh JL, Weigel DP, Dirschl DR: Tibial plafond fractures. How do these ankles function over time? *J Bone Joint Surg Am*, **85**: 287-295, 2003.
- 17) Merchant TC, Dietz FR: Long-term follow-up after fractures of tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am*, **71**: 599-606, 1989.
- 18) Oh CW, Kyung HS, Park IH, Kim PT, Ihn JC: Distal tibia metaphyseal fractures treated by percutaneous plate osteosynthesis. *Clin Orthop Relat Res*, **408**: 286-291, 2003.
- 19) Pai V, Coulter G, Pai V: Minimally invasive plate fixation of the tibia. *Int Orthop*, **31**: 491-496, 2007.
- 20) Puno RM, Teynor JT, Nagano J, Gustilo RB: Critical analysis of result of 201 tibial shaft fracture. *Clin Orthop*

- Relat Res, **212**: 113-121, 1986.
- 21) **Redfern DJ, Syed SU, Davies SJ**: Fractures of the distal tibia: minimally invasive plate osteosynthesis. Injury, **35**: 615-620, 2004.
 - 22) **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, **77**: 781-787, 1995.
 - 23) **Rüedi TP, Allgöwer M**: The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. Clin Orthop Relat Res, **138**: 105-110, 1979.
 - 24) **Saleh M, Shanahan MD, Fern ED**: Intra-articular fractures of the distal tibia: surgical management by limited internal fixation and articulated distraction. Injury, **24**: 37-40, 1993.
 - 25) **Shepherd LE, Costigan WM, Gardocki RJ, Ghiassi AD, Patzakis MJ, Stevanovic MV**: Local or free muscle flaps and unreamed interlocked nails for open tibial fractures. Clin Orthop Relat Res, **350**: 90-96, 1998.
 - 26) **Yoo SH, Ahn SJ, Song MH, Kim BH, Lee MS, Park JH**: The comparison of MIPPO vs open plate fixation in the treatment of the distal tibia fracture. J Korean Fracture Soc, **19**: 29-33, 2006.
 - 27) **Wolinsky P, Lee M**: The distal approach for anterolateral plate fixation of the tibia: an anatomic study. J Orthop Trauma, **22**: 404-407, 2008.