

원위 경골 골간단부 골절의 치료에서 최소 침습적 금속판 내고정과 교합성 골수정 내고정의 비교

이광철 · 이준영 · 하상호 · 손홍문 · 박이규

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 원위 경골 골간단부 골절에서 관절 주위 금속판을 이용한 최소 침습 금속판 골유합술과 골수강내 금속정 고정술을 시행한 환자들을 대상으로 술 후 결과를 비교하여 분석하였다.

대상 및 방법: 2008년 12월부터 2009년 12월까지 원위 경골 골간단부 골절로 수술적 치료를 받은 61예를 대상으로 하였다. 최소 침습 금속판 골유합술을 시행한 환자 30예를 A군, 골수강내 금속정 고정술을 시행한 환자 31예를 B군으로 나누었다.

결 과: A군과 B군의 골유합 시기는 평균 16.4주와 17.2주, 수술시간은 평균 45분과 48분, 방사선 피폭 시간은 4.2분과 7.5분이었다. VAS점수는 평균 0.7점과 0.5점이었고 A군에서 금속판 주변의 피부를 압박하였을 때의 통증 정도는 VAS 점수상 1.7점이었다. Olerud and Molander Ankle Score는 평균 87.4점과 86.3점이었다. 술 후 합병증은 A군에서 표재성 창상 감염 1예가, B군에서 표재성 창상 감염 1예와, 5도 이상의 각 변형이 2예에서 발생하였다.

결 론: 원위 경골 골간단부 골절의 수술적 치료에서 관절 주위 금속판을 이용한 최소 침습 금속판 골유합술과 골수강내 금속정 고정술에서 골유합 시기 및 임상적 기능에서는 유의한 차이가 없었으나, 술 후 합병증으로 골수강내 금속정 고정술이 술 후 각 변형의 발생률이 더 높아 이에 대한 주의가 필요하다.

색인 단어: 원위 경골 골간단부 골절, 최소 침습 금속판 골유합술, 골수강내 금속정 고정술

Comparative Analysis of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Using Periarticular Plate and Intramedullary Nailing in Distal Tibial Metaphyseal Fractures

Gwang Chul Lee, M.D., Jun Young Lee, M.D., Sang Ho Ha, M.D.,
Hong Moon Sohn, M.D., Yi Kyu Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chosun University Hospital, Gwangju, Korea

Purpose: To compare results between minimally invasive plate osteosynthesis using a periarticular plate and intramedullary nailing in distal tibial metaphyseal fractures in two treatment groups.

Materials and Methods: Sixty-one cases of distal tibial metaphyseal fractures from December 2008 to December 2009 were evaluated. The minimal follow-up period was 12 months. Thirty patients treated by minimally invasive plate osteosynthesis using a periarticular plate were Group A; 31 patients treated by intramedullary nailing were Group B. We compared and analyzed the results of each group by radiological and clinical assessments.

Results: The mean bony union time was 16.4 weeks in Group A and 17.2 weeks in Group B. The mean operation time was 45 minutes in Group A and 48 minutes in Group B. The mean radiation exposure times were 4.2 minutes and 4.8 minutes, respectively. VAS scores were 0.7 points and 0.5 points in each respective group. In Group A, the VAS score was 1.7 points when we applied pressure on the skin around the plate. The mean Olerud and Molander Ankle Score was 87.4 points and 86.3 points, respectively. A superficial wound infection occurred in 1 case in each group, and angular deformities more than 5 degrees occurred in 2 Group B cases.

통신저자 : 이 준 영

광주시 동구 서석동 588

조선대병원 정형외과

Tel : 062-220-3147 • Fax : 062-226-3379

E-mail : leejy88@chosun.ac.kr

Address reprint requests to : Jun Young Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chosun University Hospital, 588,
Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju 501-717, Korea

Tel : 82-62-220-3147 • Fax : 82-62-226-3379

E-mail : leejy88@chosun.ac.kr

접수: 2011. 5. 24

심사 (수정): 2011. 8. 13

게재확정: 2011. 11. 8

Conclusion: No significant differences in results were observed between the two groups. However, a higher incidence of angular deformity was seen in the intramedullary nailing group. Therefore, we must be careful during surgery.

Key Words: Distal tibial metaphyseal fractures, Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), Intramedullary nailing

서 론

원위 경골 골간단부 골절의 수술적 방법의 선택에 대하여 많은 논란이 있다. 일반적으로 골절의 양상이나 술자의 선호도에 따라 수술적 방법을 선택하며 최근에는 골절부의 혈행을 보존하기 위해 관혈적 정복술 및 내고정술보다는 골수강내 금속정 고정술과 최소 침습 금속판 골유합술 등이 많이 사용되고 있다. 골수강내 금속정 고정술은 골절 주위의 연부조직 손상을 최소화하여 골절 유합의 가능성을 높이고 감염의 위험성이 감소하는 장점이 있으나, 원위 경골 골간단부 골절에서는 고정력이 불충분하고 부정정렬의 발생빈도가 높다는 단점이 있다^{1,5,12,16}. 최소 침습 금속판 골유합술은 기존의 관혈적 정복술을 통한 금속판 고정술 시 연부조직 손상 및 혈류공급 장애로 인한 여러 합병증을 방지하기 위하여 고안된 수술 방법으로 기존의 금속판 고정술에 비해 감염이나 피부 괴사의 빈도가 적은 장점이 있어 최근 활발히 연구되고 있다^{2,3,6}. 또한 이러한 수술법에 적합하도록 얇고, 해부학적 형상에 잘 맞는 모양 (anatomically pre-shaped)으로 도안된 금속판들이 개발되어 소개됨으로써 수술이 좀더 용이하게 되었다. 이에 저자들은 원위 경골 골간단부 골절에서 관절 주위 금속판을 이용한 최소 침습 금속판 골 유합술을 시행한 치료군과 골수강내 금속정 고정술을 시행한 치료군으로 나누어 술 후 두 그룹간에 통증 및 족관절의 기능, 그리고 방사선학적 평가를 통해 임상적, 방사선학적 결과를 후향적으로 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2008년 12월부터 2009년 12월까지 원위 경골 골간단부 골절로 수술한 61예를 대상으로 하였으며, 최소 침습적 경피적 금속판 고정술을 이용하여 수술한 30예를 A군으로, 골수강내 금속정을 이용하여 수술한 31예를 B군으로 나누고, 주기적 방사선 사진과 의무 기록을 토대로 후향적으로 비교 분석하였다.

A군의 평균 연령은 47.6세 (범위: 19~72세)이고, 성별은 남자 21예, 여자 9예였다. B군의 평균 연령은 50.3세 (범위: 26~74세)이고, 성별은 남자 19예, 여자 12예였다.

수술 후 평균 추시 기간은 17.5개월 (A군: 17.4개월, B군: 17.6개월, 범위: 12~24개월)이었고, 수상 후 수술까지의 소요 기간은 평균 5.4일 (범위: 2~17일)째 시행하였다. 족관절 관절면 (Tibia plafond)에서 주 골절선의 중앙까지의 거리를 측정하여 관절면으로부터 평균 5 cm (2~9 cm)이 내의 골절을 대상으로 하였고 골절의 형태는 AO/OTA 분류법을 이용하여 분류하였으며, A군에서는 type 43 A1형 21예, A2형 6예, A3형 3예였으며, B군에서는 type 43 A1형 22예, A2형 7예, A3형 2예였다. 개방성 골절은 모두 제외하였고, 손상 기전은 자동차 사고 35예, 오토바이 사고 19예, 추락이 4예, 보행자 교통사고가 2예, 구타 등 직접적 손상이 1예였다. A군은 전 예에서 Periarticular plate[®] (Zimmer, Indiana, USA)를 사용하였고, B군 또한 전 예에서 Sirius tibial nail[®] (Zimmer, Indiana, USA)을 사용하였다. 동반된 비골 골절은 A군에서 12예, B군에서 9예였다.

2. 수술방법 및 술 후 처치

A군 및 B군 모두 한 술자에 의해서 수술이 시행되었고, 수술의 선택에 있어 마취하 도수 정복 시도 시 적은 힘으로 해부학적 정복이 되고 유지가 예상되는 경우에는 최소 침습적 금속판 고정술을 시행하였으며, 골절의 정복이나 유지에 큰 힘이 필요할 것으로 예상되는 경우 골수강내 금속정 고정술을 시행하였다. A군에서 수술은 척추 또는 전신 마취 후 양와위에서 영상증폭기 투시하 도수정복으로 골절을 정복하였으며, 해부학적 선열을 유지하면서 일시적으로 K-강선 또는 정복 검자를 이용하여 경피적으로 정복을 유지하였다. 경골단에서 근위부로 약 1 cm 상방 부위에 약 2~3 cm의 피부절개를 한 후 원위 경골 내측 골면을 따라 미리 준비한 금속판을 경피적으로 삽입한 후 금속판의 위치 및 골절 정복 상태를 확인한 다음 금속판의 근위부 나사 삽입부에 약 0.5 cm 정도의 추가적인 피부 절개를 시행하였으며, 각각의 골편에 적어도 3개 이상의 나사못으로 고정하였다.

B군에서 수술은 척추 또는 전신마취 후 양와위에서 시행되었으며 영상증폭장치를 이용하여 골절의 정복을 시행한 후 폐쇄성 골수강내 금속정을 삽입하였다. 원위 골편의 전위를 줄이기 위하여 joy stick 방법 (Fig. 1) 또는 Poller screw (Fig. 2)를 이용하여 골절을 정복한 후 골절면의 안정성을 위하여 2개 또는 3개의 원위 및 근위 교합 나사를



Fig. 1. The fluoroscopic X-rays reveals joy stick method that parallel K-wire fixation on distal tibia for more accurate reduction during insertion of ball-tip guide wire and reaming of the medullary canal (In this case, excute conservative treatment about fibular fracture).

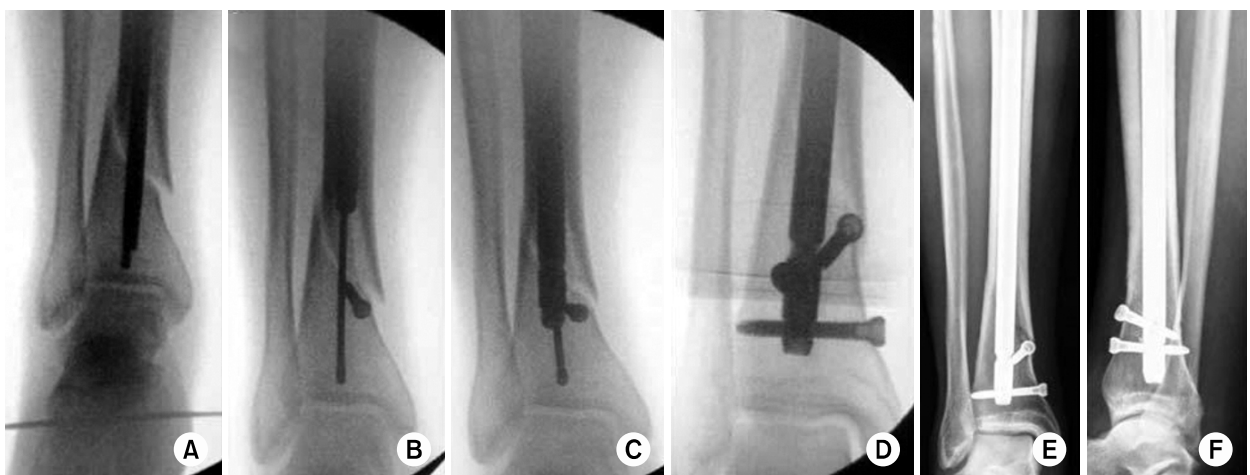


Fig. 2. The fluoroscopic X-rays (A~D) reveal using the poller screw for accurate insertion nail. Postoperative X-ray, (E) anteroposterior, and (F) lateral view.

삽입하고, 골수정 삽입 후에, 영상증폭장치로 골절부위의 안정성을 확인하였다.

비골 골절이 동반된 경우 골절의 정렬이 양호하고 안정성이 충분하다고 판단된 경우 보존적 치료 시행하였으며 (A군: 3예, B군: 2예), 수술적 치료 시행할 경우 원위 경골 골절 수술보다 먼저 시행하여 족관절의 외측 안정성 및 전 반적인 하지의 길이를 확보하였다. 관혈적 정복 및 금속판 고정을 우선적 치료로 고려하였으며 (A군: 8예, B군: 6예), 족관절 외과 부위에 표피박탈 등의 피부의 문제가 있는 경우에는 rush pin을 이용하여 고정하였다 (A군: 1예, B군: 1예).

술 후 치료로 A군에서는 수술 직후 환자가 심한 통증을 느끼지 않는 가능한 때부터 조기 관절 운동을 권유하였으며 이후 6주째부터 부분 체중 부하를 허용하였고, B군에서는 수술 1주 후부터 관절 운동 및 목발 보행을 권유하였으며 수술 후 4주부터 부분 체중부하를 허용하였고, 양군 모두 단순 방사선 사진상 골유합 소견이 보일 경우 전 체중 부하를 허용하였다.

3. 추시 및 평가

수술 시간 및, 수술 동안 방사선 피폭 시간, 골절의 형태 및 비골 골절 동반 유무에 대해서도 통계학적 분석을 시행하였고, 수술 후 입원 및 외래 기록을 통하여 수술 후 합병증, 관절의 동통 및 운동 범위를 조사하였으며, 수술 후 첫 2주 동안은 1주일 간격, 그 후 2주 간격으로 시행한 방사선 사진상에서 가골 형성시기와 골유합 시기를 확인하였다. 최종 추시 (평균 17.5개월)상 통증의 정도는 VAS (Visual Analogue Score of pain) 점수로 평가하였고, 족관절의 기능은 Olerud와 Molander¹⁴⁾의 족관절 점수로 평가하였다. 두 그룹의 회복 속도 및 일상 생활로의 복귀 시점은 후향적 연구의 한계로 정확한 데이터 수집이 불가능하여 조사 항목에서 제외하였다. 골유합 시기의 판정은 방사선 전후, 측면 사진상에서 가골의 형성과 최소 삼면에서 골유합 소견을 보이면서 임상적으로 골절부의 압통 및 통증이 소실된 시점으로 하였고, 내 외반 변형과 회전 변형은 5도

이상, 전후방 변형은 10도 이상, 단축은 1 cm 이상일 때 부정 유합으로 판정하였다. 통계학적 분석은 SPSS version 17.0를 이용하였고, 통증의 정도 (VAS) 및 족관절 기능 점수 등의 데이터의 분석은 카이 제곱 검정 (χ^2 -test)을 통해 분석하였으며 p값이 0.05 이하일 때만 통계학적인 유의성이 있다고 하였다.

결 과

골절 형태의 분류 및 수술적 치료 방법의 차이, 그리고 비골 골절의 관혈적 정복 및 금속판 고정술이 원위 경골의 합병증 및 불유합 등과의 관계에서 의미 있는 통계학적 결과를 확인 할 수 없었다 ($p=0.624$). 주 골절선과 경골 원위 관절면의 길이 차이에 따른 수술적 치료 방법도 통계학적인 의미는 없었으나 ($p=0.325$), A군의 경우 주 골절선이 B군에 비해 조금 원위부로 치우치는 경향을 보였다. (Table 1, 2).

수술에 소요된 시간은 A군에서 평균 55분 (범위: 45~82분)이었으며, B군의 경우 평균 46분 (범위: 30~86분)이었다. 또한 영상 증폭기의 사용에 따른 영상 증폭기 노출 시간은 평균적으로 A군에서는 평균 4.2분 (범위: 3~6분)이었고, B군의 경우 평균 7.5분 (범위: 5~15분)이었으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ($p=0.125$).

평균 골유합 기간은 A군에서 16.4주 (범위: 11.2~16.9)였고, B군에서 17.2주 (범위: 10.5~18.5)로 통계학적인 차이는 없었고 ($p=0.104$), VAS 점수는 A군에서 0.7 (범위: 1~2), B군에서 0.5 (범위: 1~2)로 통계학적인 차이는 없었다 ($p=0.185$). Olerud와 Molander의 족관절 점수는 A군에서 87.4 (범위: 84~90), B군에서 86.3 (범위: 84~93)로 양호한 결과를 보였으며 통계학적인 차이는 없었다 ($p=0.094$).

술 후 합병증은 수술 직후 표재성 감염이 A군과 B군에서 각각 1예씩 발생하였고, 관절 주위 금속판을 이용한 최소 침습 금속판 골 유합술을 시행한 환자의 2예 (약 6.6%)에서 금속판의 피부 자극 증세를 호소하였으며, 골수강내 금속정 고정술을 한 경우 8도의 내반 변형이 1예, 12도 외반 변형이 1예가 발생하였다. 또한 부정유합의 경우 B군에서

Table 1. Distal tibial fracture pattern (AO classification) and combined fibular fractures between Group A and B

		Group A	Group B	p-value
AO Classification (type 43)	Type A1	21	22	0.067
	Type A2	6	7	
	Type A3	3	2	
	Total cases	30	31	
Combined fibular fractures (operation cases)		12 (10)	9 (6)	0.624

Table 2. Distance between Ankle articular surface and fracture site between Group A and B

		Group A	Group B	p-value
Distance between Ankle articular surface and fracture site	0~3 cm	10	3	0.325
	3~6 cm	12	10	
	6~9 cm	8	19	
	Total cases	30	31	

2에 관찰되었지만, A군에서는 부정유합이 발생한 사례가 없었고, 회전변형은 양군에서 관찰되지 않았다.

고 찰

골수강내 금속정 고정술과 최소 침습 금속판 골유합술은 최소 절개를 통한 광범위한 연부조직의 박리를 피하고 혈류를 보존하여 간접적인 정복으로 생물학적 고정을 하는 폐쇄적 수술 방법으로 감염 예방이 가능하고, 골편의 회전과 단축을 방지하고 골유합을 높이는 방법으로 많이 사용되고 있다^{1,4,7,11}.

Nork 등¹³은 골수강내 금속정 고정술만으로도 충분히 원위 경골 골간단부 골절에서 안정적이고 효과적인 치료법이며, 원위 골절편이 짧을지라도 골정렬을 잘 얻을 수 있다고 하였다. 그러나 Yang 등²⁰은 원위 경골 골절의 수술적 치료로 골수강내 금속정 고정술과 최소 침습 금속판 골유합술을 비교한 결과 골유합 기간은 골수강내 금속정 고정술을 시행한 군에서 좀더 짧았으나 술 후 외반 변형각이 평균 3.7도였다고 하였고, Janssen 등⁹은 골수강내 금속정 고정술이 정확한 골 정렬을 이루기 힘들다고 하였다. Im 등⁸은 골수강내 금속정 고정술은 수술시간이 짧고 보행을 빠른 시간 내에 할 수 있으며 창상 문제가 적다는 장점이 있고, 상대적으로 최소 침습 금속판 골 유합술은 좀 더 정확한 골 정렬을 이룰 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 골수강내 금속정 고정술을 시행한 군과 최소 침습 금속판 골 유합술을 시행한 군 모두 비교적 좋은 정렬을 이루었으나 골수강내 금속정 고정술을 시행한 군에서 2예에서 각 변형이 발생하였다. 이러한 각 변형은 내반 및 외반 변형이 발생한 경우에 수술 후 방사선 사진과 골유합 시의 방사선 사진과 정렬상 차이가 없는 것으로 보아 변형이 발생한 원인은 골수정의 고정력이 문제가 아니라 수술 시 정확한 정복을 얻지 못한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

또한 Vallier 등¹⁸은 111명의 원위 경골 골절 환자에 있어 골수강내 금속정 고정술과 최소 침습 금속판 골유합술을 비교한 결과 골수강내 금속정 고정술을 시행한 군에서 지연 유합, 불유합, 2차 수술이 필요한 경우가 더 흔하다고 하였으나 본 연구에서는 이와 같은 합병증이 발생하지 않았다. 그 이유로는 개방성 골절 환자를 모두 제외하였기 때문으로 생각되며, 본 연구에서와 같이 술 후 약 6주간 부목고정 및 석고 고정을 시행한 이후 단순 방사선 검사상 골유합을 확인한 후, 전 체중부하를 시킴으로써 술 후 치료에 있어 안정성에 많은 중점을 두었다는 점 또한 그 이유로 들 수 있다.

또한 원위 경골 골절은 혈액 순환이 불량하고 고정 유지

가 어려운 해부학적 특성으로 인해 합병증이 흔히 발생한다. 그리고 분쇄의 정도, 즉 골절의 형태에 따라서도 이러한 지연유합이나 불유합, 부정유합 등의 합병증의 빈도는 달라질 수 있다¹⁹. 본 연구에서 조사한 최소 침습법을 이용한 골유합술을 시행한 군에서 2/3 이상이 원위 경골 골단부의 분쇄가 거의 없는 단순 골절의 형태였다는 점에서 골절의 합병증이 발생하지 않은 것에 대해 일부 기여했을 것으로 생각된다.

Park과 Park¹⁵은 최소 침습적 금속판 술식의 단점으로 긴 수술 시간과 방사선 피폭 등의 문제점을 지적하였는데 본 연구에서는 평균 수술 시간과 방사선 피폭 시간을 비교한 결과 통계학적인 의미는 없었으며 최소 침습적 금속판 고정술을 시행한 군에서 좀더 짧은 시간을 나타내었다. 하지만 이는 저자들의 수술 시 골수강내 금속정 사용 시 올바른 위치로 정을 삽입하기 위한 확공 시간이 길어 방사선 피폭 시간이 길어졌으며 최소 침습적 금속판 고정술 시 상처 봉합 시간이 짧아 평균 수술 시간의 단축에 도움을 줄 수 있었던 것으로 생각된다. 또한 관절 주위 금속판은 금속판의 성형이 필요 없는 장점이 있어 수술 시간을 단축시킬 수 있었다. 그리고 이는 수술자의 숙련도와 경험에 따라 달라질 것이다.

또한 간헐적으로 경골 원위부 골절의 수술에 있어 골수강내 금속정 고정술 후 교합 나사가 파손되는 경우가 있는데 본 연구에서는 발견된 경우가 없었다. 그리고 또한 Kääh 등¹⁰은 잠김 머리 나사 (locking head screw) 고정기에 있어 금속판과의 각도가 달라짐 (angulation)에 따라 금속판의 안정성이 달라진다고 하였고, 5도 이상의 축 이동 (axis deviation)이 일어난 상태로 고정 시 의미 있는 안정성 감소를 보였으며, 10도 이상의 축 이동이나 각 변형이 될 경우 안정성이 2/3로 감소한다고 하였다. 하지만 관절 주위 금속판은 유도 강선 (guide wire)을 따라 나사를 고정함으로 이러한 축 이동이나 각도의 변형이 일어날 가능성을 감소시키고 훨씬 정확한 고정이 가능하다는 장점이 있어 본 연구에서 최소 침습 금속판 골 유합술의 환자군 모두에게 관절 주위 금속판 (periarticular plate)을 사용하였다.

원위 경골 골절에서 금속판 고정술 시 경골 골절과 동반된 비골 골절에서 Helfet과 Suk⁷은 비골 골절 고정이 중요하다고 하였으며, 비골 골절의 관혈적 정복 및 금속판 고정술이 원위 경골에 긴장을 주어 더 많은 정복이 필요해져서 원위 경골의 불유합에 영향을 미친다는 보고도 있다^{17,18}. 하지만 본 연구에서 비골 골절의 관혈적 정복 및 금속판 고정술이 원위 경골의 합병증 및 불유합 등과의 관계에서 의미 있는 통계학적 결과를 확인할 수 없었다.

골유합 기간과 임상적 기능평가는 두 군에서 만족할 만

한 결과를 얻을 수 있었지만 본 연구가 가지는 제한점은 개방성 골절은 모두 제외한 점, 그리고 각 군간의 골다공증에 대한 통계학적인 분석을 하지 않은 점이다.

결 론

원위 경골 골간단부 골절에서 골수강내 금속정 고정술과 최소 침습 금속판 골유합술 모두 안전하고 유용하게 사용할 수 있는 방법이며 골유합 시기 및 임상적 기능에서는 유의한 차이가 없었으나, 술 후 합병증으로 골수강내 금속정 고정술이 술 후 각 변형의 발생을 더 높일 가능성이 있기 때문에 이에 대한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Böstman O, Hänninen A: The fibular reciprocal fracture in tibial shaft fractures caused by indirect violence. Arch Orthop Trauma Surg, **100**: 115-121, 1982.
- 2) Cheng W, Li Y, Manyi W: Comparison study of two surgical options for distal tibia fracture-minimally invasive plate osteosynthesis vs. open reduction and internal fixation. Int Orthop, **35**: 737-742, 2011.
- 3) Collinge C, Protzman R: Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis for metaphyseal distal tibia fractures. J Orthop Trauma, **24**: 24-29, 2010.
- 4) D'Aubigne RM, Maurer P, Zucman J, Masse Y: Blind intramedullary nailing for tibial fractures. Clin Orthop Relat Res, **105**: 267-275, 1974.
- 5) Freedman EL, Johnson EE: Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. Clin Orthop Relat Res, **315**: 25-33, 1995.
- 6) Hazarika S, Chakravarthy J, Cooper J: Minimally invasive locking plate osteosynthesis for fractures of the distal tibia--results in 20 patients. Injury, **37**: 877-887, 2006.
- 7) Helfet DL, Suk M: Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis of fractures of the distal tibia. Instr Course Lect, **53**: 471-475, 2004.
- 8) Im GI, Kim DY, Shin JH, Youn KS, Cho WH: Comparative analysis of interlocking nail and anatomical plate in the treatment of distal tibial fracture. J Korean Fracture Soc, **12**: 632-637, 1999.
- 9) Janssen KW, Biert J, van Kampen A: Treatment of distal tibial fractures: plate versus nail: a retrospective outcome analysis of matched pairs of patients. Int Orthop, **31**: 709-714, 2007.
- 10) Käab MJ, Frenk A, Schmeling A, Schaser K, Schütz M, Haas NP: Locked internal fixator: sensitivity of screw/plate stability to the correct insertion angle of the screw. J Orthop Trauma, **18**: 483-487, 2004.
- 11) 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.
- 12) Lang GJ, Cohen BE, Bosse MJ, Kellam JF: Proximal third tibial shaft fractures. Should they be nailed? Clin Orthop Relat Res, **315**: 64-74, 1995.
- 13) Nork SE, Schwartz AK, Agel J, Holt SK, Schrick JL, Winquist RA: Intramedullary nailing of distal metaphyseal tibial fractures. J Bone Joint Surg Am, **87**: 1213-1221, 2005.
- 14) Olerud C, Molander H: Bi- and trimalleolar ankle fractures operated with nonrigid internal fixation. Clin Orthop Relat Res, **206**: 253-260, 1986.
- 15) Park KC, Park YS: Minimally invasive plate osteosynthesis for distal tibial metaphyseal fracture. J Korean Fracture Soc, **18**: 264-268, 2005.
- 16) 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.
- 17) Teitz CC, Carter DR, Frankel VH: Problems associated with tibial fractures with intact fibulae. J Bone Joint Surg Am, **62**: 770-776, 1980.
- 18) Vallier HA, Le TT, Bedi A: Radiographic and clinical comparisons of distal tibia shaft fractures (4 to 11 cm proximal to the plafond): plating versus intramedullary nailing. J Orthop Trauma, **22**: 307-311, 2008.
- 19) 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, **78**: 1646-1657, 1996.
- 20) Yang SW, Tzeng HM, Chou YJ, Teng HP, Liu HH, Wong CY: Treatment of distal tibial metaphyseal fractures: Plating versus shortened intramedullary nailing. Injury, **37**: 531-535, 2006.