대한골절학회지 제 20 권, 제 1 호, 2007년 1월
Journal of the Korean Fractrure Society
Vol. 20, No. 1, January, 2007

고에너지 경골 원위부 관절내 골절의 2단계 지연 최소 침습적 내고정술을 이용한 치료

손홍문·이준영·하상호·유재원·이상홍·이광철

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절의 치료로써 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술 시행 후 단기 치료 결과에 대하여 보고하고자 하였다.
대상 및 방법: 2002년 1월부터 2004년 7월까지 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절로 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술을 시행한 환자 중 최소 1년 이상 추시가 가능하였던 13예를 대상으로 하였다. 1단계 수술 후 지연 기간은 평균 28.6일 (범위, 14～34일)이었다. 경골 원위부 골절은 R□edi-Allg□wer 분류상 제I형이 2예, 제II형이 3예, 제III형이 8예였으며 AO/OTA 골절 분류상 B형이 6예, C형이 7예였다. 방사선학적 결과는 Burwell과 Charnley 변형 체계에 따라 방사선학적 정복 정도를 평가하였고, 임상적 결과는 Mast와 Teipner의 기능적 평가 방법을 이용하여 족근 관절의 기능을 평가하였으며, 골유합 시기 및 술 후 합병증을 분석하였다.
결 과: 12예에서 평균 16.9주 (범위, 14～20주)에 골 유합을 얻었으며, 1예에서 연부 조직의 괴사 소견 및 염증성 불유합을 보였다. 최종 추시상 방사선학적 결과는 해부학적 정복이 10예 (77%), 보통 정복 2예 (15%), 불량 정복 1예 (8%)였고 임상적 기능은 우수 9예 (69%), 보통 3예 (23%), 불량 1예 (8%)였다.
결 론: 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술은 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절의 치료로써 유용한 방법으로 생각한다.

색인 단어: 경골, 관절내 골절, 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술

Treatment of High-energy Distal Tibia Intraarticular Fractures with Two-staged Delayed Minimal Invasive Plate Osteosynthesis

Hong-Moon Sohn, M.D., Jun-Young Lee, M.D., Sang-Ho Ha, M.D., Jae-Won You, M.D., Sang-Hong Lee, M.D., Kwang-Chul Lee, M.D.

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

Purpose: To evaluate the short-term results of two-staged delayed minimal invasive plate osteosynthesis in high-energy intraarticular fractures of the distal tibia.
Materials and Methods: Thirteen patients, who underwent two-staged delayed minimal invasive plate osteosynthesis for intraarticular fractures of the distal tibia between January 2002 and July 2004, were followed for more than one year. The mean interval time between first stage and second stage of the procedures was 28.6 days (range, 14～34 days). By Rüedi-Allgöwer classification, there were two cases in type I, three cases in type II, and eight cases in type III. There were six cases in type B and seven cases in type C patients according to AO/OTA classification. Radiographs were graded by the criteria of Burwell and Charnley and ankle functions were graded by the criteria of Mast and Teipner. Union time and postoperative complications were also analysed.
Results: Average union time was 16.9 weeks (range, 14～20 weeks) in twelve of the thirteen fractures, but there was one fracture resulting in soft tissue complication and infected nonunion. At the latest follow-up, review of the radiographic results showed that ten cases of fractures (77%) achieved an anatomic reduction, two cases (15%) achieved fair reduction and one case (8%) achieved a poor reduction. And clinical functional assessment showed that nine cases (69%) were good results, three cases were (23%) fair results and one case (8%) was poor result.
Conclusion: Two-staged delayed minimal invasive plate osteosynthesis is an excellent option for the treatment of high-energy intraarticular fractures of the distal tibia.

Key Words: Tibia, Intraarticular fractures, Two-staged minimal invasive plate osteosynthesis

통신저자 : 이 준 영
광주시 동구 서석동 588
조선대병원 정형외과
Tel : 062-220-3147 · Fax : 062-226-3379
E-mail : leejy88@chosun.ac.kr

*이 논문은 2006년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

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

서 론

경골 원위부 관절내 골절의 치료로서 과거에는 주로 관혈적 정복술 및 금속판을 이용한 일차적 내고정술을 시행하였다[21,25]. 하지만 수상 당시의 연부 조직 상태에 따라 합병증이 병발함에 따라 최근 10년 전부터는 이러한 합병증을 줄이기 위해 여러 다른 치료법이 소개되었다. 유관 나사 및 K-강선을 이용하여 최소 절개 방법으로 관절면의 안정화를 도모하고 동시에 외고정 기기로 고정하는 방법이나[2,4,7,28,29] 일차적으로 외고정 기기를 고정하고 연부 조직 상태가 안정화되면 이차적으로 관혈적 정복술 및 내고정술을 시행하는 방법 등도 소개되고 있다[6,23,26].

또한 최근에는 최소 침습적 금속판 내고정술 (minimally invasive plate osteosynthesis)을 경골 원위부 골절에 적용하여 기존의 관혈적 정복술에 비해 심한 연부 조직 박리나 손상 없이 심각한 합병증을 줄이고 좋은 결과를 보고하고 있다[12,27]. 하지만 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절에 초기 외고정 후 지연 경피적 금속판 내고정술을 시행한 결과에 대한 국내 보고는 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절의 수술적 치료 시 발생하는 합병증을 최소화하기 위한 방법으로 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술을 이용하여 수술적 치료를 시행한 단기 치료 결과를 보고하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2002년 1월부터 2004년 7월까지 치료한 경골 원위부 관절내 골절 환자 24명 중 심한 연부 조직 손상을 동반하여 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술을 시행한 13명의 환자를 연구 대상으로 하였다 (Table 1). 남자는 9명이었고, 여자는 4명이었다. 폐쇄성 골절이 10예, 개방성 골절이 3예였고 수술 시 평균 연령은 44.6세 (범위, 27～57세)였다. 수상 원인은 교통사고가 9예 (69%), 추락사고가 4예 (31%)였고 수술 후 추시 기간은 평균 22개월 (범위, 12～30개월)이었다. 골절의 분류로는 Rüedi-Allgöwer 분류[25]에 따라 제I형이 2예 (15%), 제II형이 3예 (23%), 제III형이 8예 (62%)였으며 AO/OTA 골절 분류[31]에 따라 B형이 6예 (46%), C형이 7예 (54%)였다. 개방성 골절에서 Gustilo와 Andeson 분류상 제II형이 2예, 제IIIA형이 1예였다. 폐쇄성 골절에서 연부 조직 손상 정도는 Tschene 분류[19,29]를 이용하였고 폐쇄성 골절 10예 중 grade 2가 6예, grade 3이 4예였다.

Table 1. Summary of the patients data

Case	Age/Sex	Mechanism of injury	Type			Interval time† (day)	Union time (week)	Follow up (week)	Radiologic results‡	Functional results§	Complications
			R-A class*	AO class	Closed /Open						
1	57/M	T.A‖	III	C_2	Open	34	20	19	Anatomic	Fair	
2	52/M	T.A‖	III	C_3	Open	30	19	28	Poor	Fair	Superficial infection
3	28/M	T.A‖	III	C_1	Closed	28	17	18	Anatomic	Good	
4	47/M	T.A‖	III	C_2	Closed	29	18	25	Fair	Good	
5	54/M	T.A‖	II	B_2	Open	14	-	15	Anatomic	Poor	Soft tissue necrosis and nonunion
6	50/M	Fall	I	B_3	Closed	30	17	30	Anatomic	Good	
7	27/M	Fall	II	B_1	Closed	29	15	28	Anatomic	Good	
8	30/M	Fall	II	B_2	Closed	29	16	15	Anatomic	Good	
9	47/F	T.A‖	III	C_1	Closed	32	18	23	Anatomic	Good	
10	52/F	T.A‖	III	B_3	Closed	30	16	22	Fair	Fair	
11	32/F	Fall	I	B_1	Closed	29	14	20	Anatomic	Good	
12	56/M	T.A‖	III	C_2	Closed	31	16	12	Anatomic	Good	
13	49/F	T.A‖	III	C_2	Closed	28	17	14	Anatomic	Good	

*Rüedi-Allgöwer classification, † Interval time between first stage and second stage of the procedures, ‡ Radiographic criteria of reduction by Burwell and Charnley, §Function criteria by Mast and Teipner, ‖ Traffic accident.

2. 수술 방법

모든 증례에서 수상 후 24시간 이내에 1단계 수술을 시행하였다. 원위 비골 골절이 있는 경우 비골 골절부를 중심으로 외측 도달법을 이용하여 비골의 후연에 평행하게 피부에 종절개를 가하고 연부 조직을 박리하여 골절 부위를 노출한 후 겸자를 이용하여 골절을 정복, 유지한 채 3.5 mm 반원형 금속판과 나사를 이용하여 내고정을 시행하여 비골의 길이를 회복 및 유지하였다. 경골의 관절내 골절에 대해서는 방사선 영상 증폭 장치 하에 도수 정복을 하였으며 이때 관절면의 안정화를 위해 가급적 피부 절개를 최소한으로 하도록 약 2~3 cm의 최소 절개를 골절 양상에 따라 전내측 혹은 전외측에 가하여 관절을 정복하고 추후 금속판이 고정될 가상의 부위를 피하여 유관 나사 또는 K-강선을 사용하여 제한적 내고정을 추가하였다 (Fig. 1). 다음으로 경골 간부 골절의 외고정 및 조기 연부 조직의 회복을 위해 골절 상부의 경골 간부 내측 및 거골과 종골 내측에 나사못을 삽입하고 인대 정복술 (ligamentotaxis) 기법을 이용하여 외고정 기기 (Orthofix®)를 장착한 후 경골의 길이를 회복 및 유지하였다. 1단계 수술 후 고정으로는 장하지 석고 부목을 이용하였다. 1단계 수술 후 14일째에 연부 조직의 부종이 감소하고 골절 수포가 치유된 것을 확인한 후 수술실에서 베타딘 도포 후 외고정 기기를 제거하고 다시 장하지 석고 부목을 이용하여 고정하였다. 외고정 기기의 제거로 생긴 나사못 삽입구에 감염이 없다고 확인되면 2단계 수술을 시행하였다. 1단계 수술 후 2단계 수술까지의 지연 기간은 평균 28.6일 (범위, 14~34일)이었다. 제한 접촉 압박 금속판 (LC-DCP, AO Synthes, USA) 및 잠김 압박 금속판 (LCP, AO Synthes, USA)을 술 전 경골 saw-bone model의 전내측면에 맞게 골절 부위의 고정을 고려하여 적당한 길이로 미리 굽힘을 시행하고 영상 증폭기 하에 골절부에서 일정한 거리가 떨어진 경골 내과 부위에 2~3 cm 크기의 최소 피부 절개를 하고 피부와 피하층을 경골로부터 겸자를 이용하여 조심스럽게 박리한 후 경골 면을 따라 미리 굽혀진 금속판을 경피적으로 삽입하였다. 방사선 투시경 하에 금속판 위치와 골절이 정복된 상태를 확인하면서 나사못 고정을 경피적으로 실시하였다. 금속판의 위치와 정렬을 확인하고 피부 봉합하였다. 2단계 수술 후 고정은 압박 드레싱하고 3~4일 후부터 관절 운동을 시작하였다. 2단계 수술 후 4~8주까지는 부분 체중 부하 보행을 시행하였고, 8주 이후에는 전 체중 부하 보행을 시행하였다.

Fig. 1. Limited incision by anterolateral arthrotomy.

3. 평가 방법

방사선적 결과는 Burwell과 Charnley 변형 체계[9]를 이용하여 삼과의 전위, 각형성의 유무, 거골의 전위를 평가하였고 해부학적 (anatomic), 보통 (fair), 불량 (poor)으로 분류하였다. 임상적 기능은 Mast와 Teipner의 기능 평가[20]를 이용하여 동통, 부종, 관절 운동 범위를 평가하였고 우수 (good), 보통 (fair), 불량 (poor)으로 분류하였다.

결 과

1. 방사선학적 결과

최종 추시 시 Burwell과 Charnley의 방사선적인 변형 체계 상 해부학적 10예 (77%), 보통 2예 (15%)였고 단지 1예 (8%)에서만 불량의 결과를 얻었고 Rüedi와 Allgöwer 분류상 제I형 및 제II형 골절 각각 2예, 3예의 모두에서 해부학적 정복을, 제III형 골절 중 5예에서 해부학적, 2예에서 보통, 1예에서 불량의 정복 결과를 얻었다.

2. 임상적 기능 평가

최종 추시 시 Mast와 Teipner의 임상적 기능 평가에서 양호 9예 (66%), 보통 3예 (23%)의 결과를 얻었고 단지 1예 (8%)에서만 불량의 결과를 얻었고 Rüedi와 Allgöwer 분류상

제I형 골절 2예 모두에서 양호, 제II형 골절 중 2예에서 양호, 1예에서 불량, 제III형 골절 중 5예에서 양호, 3예에서 보통의 결과를 얻었다.

3. 골 유합

총 13예 중 12예 (92%)에서 평균 17주 (범위, 14～20주)에 골 유합을 얻었으나 제II형의 개방성 골절 환자 1예 (8%)에서 연부 조직 괴사 및 골수염으로 인한 염증성 불유합을 보였다. 이를 다시 세분하면 제I형은 15.5주, 제II형 역시 15.5주 (불유합 1예는 제외), 제III형은 18주였다. 또한 제III형 중 폐쇄성 골절에서는 평균 17.5주에, 개방성 골절에서는 평균 18.3주에 골 유합을 보였다.

4. 합병증

총 2예에서 합병증이 발생하였다. 연부 조직의 괴사 및 골수염 1예는 Rüedi-Allgöwer 제II형, Gustilo-Anderson 제IIIA형 개방성 골절 환자에서 발생하여 변연 절제술을 시행하고 균 배양, 항생제 감수성 검사 및 적절한 항생제 사용 후 규칙적인 균 배양 검사상 균 음성임을 확인하여 감염이 없음을 확인한 후 피판술을 시행하였다. 나머지 1예는 경한 피부 감염이 발생하여 경구 항생제로 치유하였다.

고 찰

심한 연부 조직 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절의 치료 시 전통적인 AO 방식의 금속판 고정술은 수상 당시 연부 조직 상태를 고려하지 않아 실망스러운 결과를 보고하고 있다[1,3,11,15,17,24,25,27]. 경골 원위부의 전 내측 면은 피부 및 피하지방으로만 덮여 있어 개방성 골절이 아닌 경우에도 치료 과정에서 피부 괴사, 감염 등 연부 조직과 관련된 합병증의 위험이 매우 높다. 특히 골간단부의 분쇄를 동반한 골절의 수술적 치료에서는 광범위한 절개 및 박리로 손상된 조직에 무리한 조작을 가하는 것은 피해야 한다[5,9,12,22].

골절에 동반하는 골절 수포는 수상 후 약 6～8시간에 발생하고[14] 29.4% 정도에서 발생을 보인다[30]. 재상피화까지는 약 4～21일 (평균 16일)이 필요하고 혈액으로 채워져 있는 골절 수포가 존재할 때 재상피화 전까지는 이곳의 피부 절개는 피해야 하는데 이는 고위험 시기에 손상된 연부 조직을 통한 수술적 접근 시 불량한 결과를 흔히 야기하기 때문이다[9,11,27].

이 때문에 최근에는 고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절의 치료로써 외고정 기기를 많이 선호하고 있다[7,8,18]. 하지만 심한 개방성 골 원위부 골간단부 골절에 대해 제한된 내고정 및 외고정 기기로 치료 시 연부 조직 합병증의 발생은 적더라도 오랜 고정 기간에 의한 관절 강직으로 단지 30～69% 정도에서만 우수 이상의 결과를 보인다고 하였고[13] 외고정 및 제한된 수술적 접근법을 이용 시 나사못 삽입구의 감염, 부정정렬, 불유합, 부정유합, 관절염 및 만성 동통 등의 발생률이 높다고 보고한 바 있다[28,29].

최근에 보고되는 2단계에 걸친 수술은 심한 연부 조직 손상이나 개방성 상처를 보이는 경골 원위부 골절에서 상당히 장점이 많은 술식이다[23,26]. 경골 원위부 골간단부 골절의 치료로써 단계적 시술은 기존의 관혈적 정복 및 내고정술, 제한된 수술적 노출 및 외고정술, 지연 치료의 장점을 모두 포함하고 있다. 단계적 시술을 이용한 치료 시 Sirkin 등[26]은 모든 창상에서 괴사의 발생 없이 치유되었고 Patterson 등과 Cole[23]은 감염이나 연부 조직 합병증 또한 발생하지 않았다고 한다. 하지만 이 방법조차도 결국 관혈적 정복에 의한 이차 조작의 위험 때문에 합병증의 발생 가능성은 여전히 높다.

최근 수술적 방법의 합병증을 줄이기 위해 골절 부위를 최소한으로 노출시켜 골유합의 확률을 높이는 방법으로 최소 침습적 경피적 금속판 삽입술이 도입되었다[10,12,31]. 이 방법의 특징은 조작이 간편하고 최소한의 수술적 절개로 골절부위를 노출시키지 않음으로써 연부조직 손상으로 인한 골절편의 혈액 순환 차단을 최소화할 수 있고 골절부에서 떨어진 피부를 절개함으로써 골절 주변 부위의 피부에 손상이 있을 경우에도 사용할 수 있다. Wagner[31]는 최소 침습적 술식을 위한 새로운 금속판인 잠김 압박 금속판 (LCP, AO Synthes, USA)을 이용하여 경피적 금속판 고정술을 시행하고 좋은 결과를 보고하였다.

경피적 금속판 고정술을 경골 원위 골간단부 골절 치료에 적용한 연구가 많이 발표되고 있으며, 전통적인 관혈적 정복 및 금속판 고정술에 비해 감염이나 피부 괴사 등의 합병증이 발생하지 않았다고 보고하였으나 아직까지 심한 연부 조직 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절에 초기 외고정과 지연 경피적 금속판 내고정술을 혼합한 국내 보고는 드문 실정이었다.

이에 저자들은 일차적으로 외고정 기기 및 제한적 내고정으로 경골의 길이 및 관절 상태를 유지하고 추후 골절 수포가 사라지고 붓기가 완전히 제거된 후 단계적으로 경피적 금속판 내고정술을 이용하여 시술을 하였다 (Fig. 2).

본 논문에서 골유합 기간은 17주로 다른 비슷한 논문보다 약간 더 길었으나[12] 환자의 선택에 있어 좀 더 연부 조직손상이 심한 환자들을 선택하였기 때문이라고 생각되며 기존의 외고정기기나 관혈적 정복술에 비해서는 유합 기간은 짧은 편이었다. 대개 두 번째 수술까지의 지연 기간은 평균 28.6일 (범위 14～34일)이었는데 비교적 초기에 합병증이 발

Fig. 2. The 57-year-old male had a traffic accident, and sustained a Rüedi-Allgöwer type III fracture **(A～C)** and Gustilo-Anderson type IIIA open pilon fracture of right ankle **(D)**. The patient underwent open reduction and internal fixation about fibular shaft fracture, closed reduction and external fixation about pilon fracture **(E)**. The definitive procedure was performed days later and postoperative radiographs after two-staged delayed minimal invasive plate osteosynthesis show anatomic reduction, good alignment and articular congruity **(F)**. Radiographs at the latest follow-up show complete bony union and no complication was developed **(G)**.

생한 한 예를 제외하곤 첫 수술일로부터 대개 충분한 시간을 두고 핀 감염의 우려가 없을 때를 두 번째 수술의 적기로 결정하고 시술을 하였다. 일반적인 경골 원위부 관절내 골절 치료 후에 발생하는 합병증으로, 내고정 수술 시에 발생하는 광범위한 피부 괴사나 외고정 기기의 장착 후에 발생하는 부정정렬, 불유합, 부정유합 등의 발생은 없었다. 하지만 본 증례 중 1예인, 1단계 수술 후 2주째에 수술장에서 외고정 기기를 제거하고 지연 기간 없이 바로 2단계 수술인 최소 침습적 금속판 내고정술을 시행한 환자에서 외고정 나사못 삽입구의 감염이 금속판의 최소 절개 부위로 진행되어 광범위한 피부 괴사 및 골수염으로 진행하였고 이로 인한 염증성 불유합이 발생되었다. 따라서 2단계 수술 시행 전에는 반드시 나사못 삽입구에 감염이 존재하는지에 대해 면밀한 주의가 필요하고 이러한 합병증을 최소화할 수 있도록 반드시 미리 외고정 기기를 제거하고 혈액 검사상 CRP 등의 염증 수치가 정상화되고 금속 핀의 삽입구가 염증 소견 없이 치유되는 기간이 필요할 것으로 생각된다. 향후 1단계 수술과 2단계 수술 사이의 지연 기간 및 외고정 기기 제거의 적절한 시기에 대한 분석 및 원칙이 필요하나 아직까지 이 부분에 대해 정확히 정립된 기준은 없는 실정이다[6,13,16,26,28].

심지어 개방성 경골 원위부 관절내 골절 환자에서 단계적 관혈적 정복 및 내고정을 시행했을 때의 감염률은 0～9%였고[23], 이는 폐쇄성 골절 환자에서 관혈적 정복 및 내고정 시행했을 때의 감염률보다 크지 않다[9,11,20,24]. 본 저자들의 경우 폐쇄성 골절 환자에서는 감염이 발생하지 않았으나 개방성 골절 환자 2예에서 감염이 발생하였다. 그러나 이 경우, 위에서 언급했듯이 감염의 원인이 개방성 골절이었기 때문이 아니라, 2단계 수술 전 외고정 나사못 삽입구의 감염을 간과했기 때문이고 이 부분에 대해 면밀히 주의한다면 경골 원위부 관절내 골절에 있어 단계적 최소 침습적 금속판 내고정술의 감염률은 극히 낮다고 할 수 있다.

Kilian 등[15]은 외고정 시 사용하는 인대 정복술 (ligamentotaxis) 기법으로는 함몰된 관절 분절을 정복하기 어렵고 불충분한 수술 시야로 인해 관절면을 해부학적으로 정렬하기 어렵다고 하였으나 본 연구에서처럼 인대 정복술 기법 외에 조기에 제한적 관절 절개를 적절히 추가하여 관절내 골절의 정복을 시도하면 충분히 관절면을 회복시킬 수 있고 2주 이내에 외고정 기기를 제거하고 금속판을 연부 조직 손상을 최소화하는 방향으로 고정하기 때문에 경골 원위부 관절내 골절의 치료로써 단계적 시술은 관혈적 정복 및 내고정에 비해 감염의 위험도가 낮고 동통도 적으며 수상 전 직업으로 복귀가 더욱 용이하다[23,26].

결 론

고에너지 손상을 동반한 경골 원위부 관절내 골절에서 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정술을 이용한 수술 수기는 조직 손상과 관련된 합병증의 발생 빈도가 낮고 골유합의

빈도가 높아, 비록 단기 추시 결과이나 유용한 술식이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1) **Abelseth G, Buckley RE, Pineo GE, Hull R, Rose MS:** Incidence of deep-vein thrombosis in patients with fractures of the lower extremity distal to the hip. J Orthop Trauma, **10:** 230-235, 1996.
2) **Anglen JO:** Early outcome of hybrid external fixation for fracture of the distal tibia. J Orthop Trauma, **13:** 92-97, 1999.
3) **Anonymous:** Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. J Orthop Trauma, **10:** 1-154, 1996.
4) **Barbieri R, Schenk R, Koval K, Aurori K, Aurori B:** Hybrid external fixation in the treatment of tibial plafond fractures. Clin Orthop Relat Res, **332:** 16-22, 1996.
5) **Baumgaertel F, Buhl M, Rahn BA:** Fracture healing in biological plate osteosynthesis. Injury, **29(Suppl 3):** C3-6, 1998.
6) **Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S:** Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques. J Orthop Trauma, **15:** 153-160, 2001.
7) **Bone L, Stegemann, P, McNamara K, Seibel R:** External fixation of severely comminuted and open tibial pilon fractures. Clin Orthop Relat Res, **292:** 101-107, 1993.
8) **Bone LB:** Fractures of the tibial plafond. The pilon fracture. Orthop Clin North Am, **18:** 95-104, 1987.
9) **Burwell HN, Charnley AD:** The treatment of displaced fractures of the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. J Bone Joint Surg Br, **47:** 634-660, 1965.
10) **Chang SA, Ahn HS, Byun YS, Kim JH, Bang HH, Kwon DY:** Minimally invasive plate osteosynthesis in unstable fractures of the distal tibia. J Korean Fracture Soc, **18,** 155-159, 2005.
11) **Dillin L, Slabaugh P:** Delayed wound healing, infection, and nonunion following open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. J Trauma, **26:** 1116-1119, 1986.
12) **Francois J, Vandeputte G, Verheyden F, Nelen G:** Percutaneous plate fixation of fractures of the distal tibia. Acta Orthop Belg, **70:** 148-154, 2004.
13) **French B, Tornetta P 3rd:** Hybrid external fixation of tibial pilon fractures. Foot Ankle Clin, **5:** 853-871, 2000.
14) **Giordano CP, Koval KJ:** Treatment of fracture blisters: a prospective study of 53 cases. J Orthop Trauma, **9:** 171-176, 1995.
15) **Kilian O, Bundner MS, Horas U, Heiss C, Schnettler R:** Long-term results in the surgical treatment of pilon tibial fractures. A retrospective study. Chirurg, **73:** 65-72, 2002.
16) **Mast J:** Pilon fractures of the distal tibia: a test of surgical judgement. In: Tscherne H, Schatzker J eds. Major fractures of the pilon, the Talus, and the Calcaneus. 1st ed. Heidelberg, Springer-Verlag: 7-27, 1993.
17) **Mast JW:** Reduction techniques in fractures of the distal tibial articular surface. Techn Orthop, **2:** 29-36, 1987.
18) **Mast JW, Spiegel PG, Pappas JN:** Fractures of the tibial pilon. Clin Orthop Relat Res, **230:** 68-82, 1988.
19) **McNamara MG, Heckman JD, Corley FG:** Severe open fractures of the lower extremity: a retrospective evaluation of the Mangled Extremity Severity Score (MESS). J Orthop Trauma, **8:** 81-87, 1994.
20) **Moot JW:** Preoperative planning in the surgical correction of tibial nonunions and malunious. Clin Orthop Relat Res, **178:** 26-30, 1983.
21) **Ovadia DN, Beals RK:** Fractures of the tibial plafond. J Bone Joint Surg Am, **68:** 543-551, 1986.
22) **Park KC, Park YS:** Minimally invasive plate osteosynthesis for distal tibial metaphyseal fracture. J Korean Fracture Soc, **18,** 264-268, 2005.
23) **Patterson MJ, Cole JD:** Two-staged delayed open reduction and internal fixation of severe pilon fractures. J Orthop Trauma, **13:** 85-91, 1999.
24) **Rommens PM, Claes P, De Boodt P, Stappaerts KH, Broos PL:** Therapeutic procedure and long-term results in tibial pilon fracture in relation to primary soft tissue damage. Unfallchirurg, **97:** 39-46, 1994.
25) **Ruedi TP, Allgower M:** The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. Clin Orthop Relat Res, **138:** 105-110, 1979.
26) **Sirkin, M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici D Jr:** A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures. J Orthop Trauma, **13:** 78-84, 1999.
27) **Teeny SM, Wiss DA:** Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. Clin Orthop Relat Res, **292:** 108-117, 1993.
28) **Tornetta P 3rd, Weiner L, Bergman M, et al:** Pilon fractures: treatment with combined internal and external fixation. J Orthop Trauma, **7:** 489-496, 1993.
29) **Tscherne H, Gotzen L:** External articular transfixation of joint injuries with severe soft tissue damage. In: Tscherne H,

Gotzen L eds. Fractures with soft-tissue injuries. 1st ed. Berlin, Springer-Verlag: 103-117, 1984.

30) **Varela CD, Vaughan TK, Carr JB, Slemmons BK:** Fracture blister: clinical and pathological aspects. J Orthop Trauma, **7:** 417-427, 1993.

31) **Wagner M:** General principles for the clinical use of the LCP. Injury, **34(Suppl 2):** B31-42, 2003.