

개방성 경골 원위부 골절에서 2단계 지연 최소 침습적 경피적 금속판 고정술

양정환 · 권석현 · 김정우 · 박진영 · 김현준 · 임철민

원광대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 개방성 경골 원위부 골절에서 이단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정 술식의 치료 결과에 대해 보고하고자 한다.

대상 및 방법: 개방성 경골 원위부 골절로 일시적으로 외고정 장치를 고정 후, 2단계 지연 최소 침습적 금속판 내고정을 시행한 25예를 대상으로 하였으며, 평균 연령은 46세, 평균 추시기간은 23개월이었다. 경골 원위부 골절은 AO/OTA 분류로 하였다. 개방성 골절은 Gustilo-Anderson 분류를 따랐고 I형 6예, II형 9예, IIIA형 8예, IIIB형 2예였다. 수술 후 골 유합 기간 및 방사선학적 골 정렬과 술 후 합병증을 관찰하였고, 임상적 평가로 Teeny and Wiss scores를 이용하였다.

결 과: 24예에서 평균 18주에 골 유합을 얻었으며, 골 이식 없이 20주 이후에 유합을 얻은 지연 유합이 3예, 술 후 20주경 이후에도 골 유합을 얻지 못해 골 이식과 금속판 내고정을 시행한 예가 1예, 피부 괴사로 피판술을 2예, 피부 이식을 6예에서 시행하였다. 족관절 임상적, 기능적 평가에서 우수 6예, 양호 16예, 보통 2예, 불량 1예였다.

결 론: 개방성 경골 원위부 골절에서 이단계 술식을 이용한 치료는 골 유합을 얻을 수 있는 좋은 치료 방법으로 생각한다.

색인 단어: 원위 경골, 개방성 골절, 이단계 지연 최소 침습적 경피적 금속판 고정술

Two-staged Delayed Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis for Distal Tibial Open Fractures

Jung Hwan Yang, M.D., Seok Hyun Kweon, M.D., Jeung Woo Kim, M.D.,
Jin Young Park, M.D., Hyun Jun Kim, M.D., Chul Min Lim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Wonkwang University, Iksan, Korea

Purpose: To evaluate the outcomes of distal tibial open fractures treated by two-staged delayed minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technique.

Materials and Methods: 25 cases of distal tibial open fractures were treated with temporary ring fixation and two-staged delayed MIPPO. A mean age was 46 years old, follow-up was 23 months. The type of fracture was evaluated using the AO/OTA classification. The type of open fracture was evaluated using the Gustilo-Anderson classification that revealed 6 cases of type I, 9 cases of type II, 8 cases of type IIIA and 2 cases of type IIIB. We analyzed the radiologic results and postoperative complications. The clinical and functional result were evaluated by using Teeny and Wiss scores.

Results: The average time of bone union was 18 weeks in 24 cases. There were three delayed union that achieved union twenty weeks after second operation, and 1 case underwent bone graft with additional plate fixation. 6 cases of skin necrosis were treated with skin graft, 2 cases were treated with flap. The clinical and functional assessment showed that 6 cases were excellent, 16 cases were good, 2 cases were fair, and 1 case were poor results.

Conclusion: Two-staged MIPPO technique for distal tibia open fractures seems to be a good procedure to obtain bone union.

Key Words: Distal tibia, Open fracture, Minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO)

통신저자 : 권 석 현

전북 익산시 신용동 344-2번지
원광대학교병원 정형외과
Tel : 063-859-1360 · Fax : 063-852-9329
E-mail : osksh@wonkwang.ac.kr

Address reprint requests to : Seok Hyun Kweon, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Wonkwang University Hospital,
344-2, Sinyong-dong, Iksan 570-711, Korea
Tel : 82-63-859-1360 · Fax : 82-63-852-9329
E-mail : osksh@wonkwang.ac.kr

*본 논문의 요지는 2006년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

*본 논문은 2007년도 원광대학교 교내연구비의 지원을 받아 이루어졌음.

서 론

고에너지 손상으로 인한 경골 원위부 골절은 치료가 어려운 골절 중 하나로 연부조직의 추가 손상을 주지 않으면서 관절면의 해부학적 정복과 안정된 고정을 얻는 것은 매우 어렵다. 경골 원위부에 심한 분쇄 골절이나 개방성 골절이 동반된 경우 더욱 어렵고, 불유합이나 심부 감염, 피부 괴사 등 손상된 연부조직과 관련된 합병증의 발생 빈도가 비교적 높은 것으로 보고되고 있다^{7~9,22)}. 또한 외고정 장치를 이용한 술식은 연부 조직의 합병증을 줄일 수 있지만 그 자체로는 골절과 관절면의 해부학적 정복이 어렵고, 부피가 커서 환자의 순응도가 비교적 낮으며, 핀 경로 감염의 위험성이 높다. 따라서 최근 금속판을 최소 침습적인 수술 방법으로 고정하는 방법¹²⁾, 외고정을 시행 후 골수강 내 금속정을 이용한 내고정으로 전환하는 방법^{2,3,16)}, 최소절개를 통한 내고정과 함께 외고정하는 방법 등이 소개되고 있다^{10,23)}.

이에 본 저자들은 개방성 경골 원위부 골절 25예에서 Ilizarov나 혼합형 (hybrid type) 외고정 장치인 Octopus®를 이용하여 술 후 골 유합까지 이를 유지하지 않고, 일차 수술 시 단지 최소한의 제한적 고정으로 관절면의 회복과

정렬을 얻은 뒤, 연부조직의 상태와 핀 감염 여부 등을 고려하여 외고정 장치를 제거 후, 이차 수술로 최소 침습적 경피적 금속판 고정술 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO)을 시행한 경우 (Fig. 1)가 있어 그 결과를 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2003년 1월부터 2004년 12월까지 경골 원위부 개방성 골절로 내원하여 일차로 외고정술을 시행한 뒤, 이차로 최소 침습적 경피적 금속판을 이용하여 치료하였던 환자 중 1년 이상 추시가 가능한 25예를 대상으로 하였다 (Table 1). 환자의 평균 연령은 46세 (26~72세)였고, 남자가 17예, 여자가 8예였으며, 평균 추시기간은 23개월 (12~30개월)이었다. 손상 원인으로 낙상 사고 (fall down)가 7예, 교통사고가 18예였다. 골절 부위는 AO/OTA분류¹⁶⁾에 의하면 A2 7예, A3 10예, C1 6예, C2 2예, 개방성 골절은 Gustilo-Anderson 분류¹¹⁾에 따라 I형 6예, II형 9예, IIIA형 8예, IIIB형 2예였다. 일차 수술 후 피부 괴사가 너무 광범



Fig. 1. (A) AO/OTA type A3 and Gustilo-Anderson type II tibia fracture with fibular shaft fracture. (B) Open wound about 9 cm was located on the anterior area of lower leg, and fracture site was being exposed. (C) Immediate postoperative radiographs after hybrid external fixation. (D) Immediate postoperative radiographs after two-staged MIPPO technique. (E) At 21 weeks after two-staged MIPPO technique, the radiographs showed bony union and good alignment.

Table 1. Analysis of patient data

Patient No.	Age/Sex	Cause of injury	Fracture classification (AO/OTA, G&A*)	Interval of second operation (days)	Time to union (weeks)	Teeny and Wiss scores	Additional operation, complications
1	29/M	Fall down	A2, I	10	15	95	
2	39/M	Fall down	A2, I	5	12	92	
3	26/M	TA [†]	A2, I	14	19	93	
4	36/F	TA	A3, I	10	19	94	
5	34/M	Fall down	A3, I	12	13	95	
6	33/M	TA	A3, I	14	19	92	
7	40/F	TA	A2, II	19	15	96	
8	35/F	TA	A2, II	19	19	92	
9	52/M	Fall down	A2, II	17	16	92	
10	48/F	Fall down	A3, II	21	19	92	
11	44/F	TA	A3, II	20	17	92	
12	60/M	Fall down	A3, II	19	16	90	FTSG [§]
13	50/F	TA	C1, II	27	19	90	
14	46/M	Fall down	C1, II	27	19	93	
15	61/M	TA	C1, II	19	28	87	Plate with bone graft
16	51/M	TA	A2, IIIA	25	18	89	STSG [‡]
17	56/F	TA	A3, IIIA	27	19	64	FTSG, STSG
18	59/M	TA	A3, IIIA	24	19	88	
19	26/M	TA	A3, IIIA	29	19	92	STSG
20	43/M	TA	A3, IIIA	27	24	90	DU , STSG
21	54/M	TA	C1, IIIA	28	19	87	
22	57/M	TA	C1, IIIA	29	19	86	FTSG, STSG
23	55/F	TA	C1, IIIA	26	19	86	
24	43/M	TA	C2, IIIB	28	23	90	DU, RSF [¶]
25	72/M	TA	C2, IIIB	30	24	92	DU, RSF
Average				21	19	90	

*Gustilo-Anderson classification, [†]Traffic accident, [‡]Split thickness skin graft, [§]Full thickness skin graft, ^{||}Delayed union, [¶]Reverse saphenous flap.

위해 조기에 피판 이식을 요하며, 계획된 이차 금속판 고정
이 불가능한 경우는 대상에서 제외하였다. 정형외과적
동반 손상으로 대퇴 간부 골절이 1예, 전완부 골절이 2예,
동측 비골 골절이 18예, 동측 족부 골절이 4예였다. 수상
후 수술까지의 기간은 동반 손상 유무 및 환자의 전신 상
태를 바탕으로 개방성 골절 치료의 원칙하에 시행하였고,
이차 수술까지의 기간은 아직 정해진 원칙은 없으나 골절
주위 수포의 치유와 피부 부종이 완화되고, 혈액 검사상의
WBC, ESR, CRP 수치를 참고하여, 외고정 장치 핀 주위와
개방성 창상에 염증 소견이 없다고 판단되는 경우 결정하
였으며, 제거 후 약 수일간의 부목 고정을 시행한 뒤 일차
수술 후 평균 21일 (5~30일)에 이차 금속판 내고정을 시
행하였다.

2. 수술 방법

모든 개방성 창상에 대해서는 즉각적인 세척 및 변연 절
제술과 정맥 내 항생제 치료를 시작하였으며, 연부조직 긴
장으로 일차 봉합이 가능하지 않는 경우는 부분 봉합이나
5~7일 뒤 지연 일차 봉합을 시행하였다. 지연 봉합 후 괴
사부에 대해서는 세척 및 변연 절제를 부분 마취하에 시행
하였고, 일차 수술 시 비골 골절이 원위 1/3에서 동반된
약 6예에서 rush 핀, 12예에서 1/3 tubular plate나 recon-
plate (Synthesis®, USA)를 이용하여 우선적으로 내고정술
을 시행하였으며, 경골 골절에 대해서는 영상증폭기 (C-
arm image intensifier)의 투시하에 골절 부위를 수동적인
견인 또는 신연기를 이용하여 임시 정복을 하였다. 일차
수술 시 연부조직은 가급적 보호하면서 정렬과 원위 관절
면의 회복에 목적을 두었고, 원위 관절면의 회복을 위해
약 2~3 cm 정도의 피부 절개 후 k-강선과 나사못을 이용

하여 제한적 관혈적 정복을 시행하고, 골절 원위부는 한 개의 금속환 (full ring)과 이에 삽입되는 2개의 1.8 mm 강선을 이용하였고, 원위 관절면의 골편 압박이 필요한 경우 olive 강선을 이용하였다. 가급적 이차 수술 시 고정될 금속판 위치를 피하기 위해 거골에 고정을 하였으나, 연부 조직 손상이 있어 거골에 고정이 어려운 경우, olive 강선을 이용하여 경골 원위 관절면의 압박을 요하는 경우는 원위 경골에 고정하였다. 경골 간단부에는 5 mm 직경의 half 핀 3개를 추후 금속판이 고정될 부위보다 가급적 상방에 고정하고, 인대 정복술 (ligamentotaxis)을 이용하여 정렬을 유지한 후 골절 근위부 또한 금속환 (full 또는 5/8ring)과 bar를 연결하였다. Bar는 추후 상처부 관리에 가급적 편한 위치에 두어 세 개나 네 개를 위치시켰다. 8예의 C1, C2형에서 원위 경골의 관절면 회복을 위해 K-강선과 최소 절개 제한적 나사못 고정을, 2예의 A2형에서 K-강선을 골 간단한 골편에 고정을 시행하였다. 수술 후 관절 운동과 함께 연부조직 상태에 따라 지연 피부 봉합을 시행하였다. 연부조직이 안정화되고 부종이 가라앉으면 외고정기를 제거하고 핀 삽입구 상태에 따라 평균 22일에 이차 수술을 시행하였다. 5일에 수술적 치료를 시행한 경우는 개방성 분류상 1 cm 이하의 창상으로 비교적 오염이 적어 조기에 전환이 가능하였다. 이차 수술로 골절부위에서 5~6 cm, 상방에서 2~3 cm 피부절개를 하고, 족관절 내과 부위에 약 1~2 cm 미세절개를 한 후, 경골면을 따라 미리 굽혀진 금속판을 (Cloverleaf, Synthesis®, USA) 경피적으로 근위부에서 원위부로 삽입한 다음, 영상증폭기로 관상면과 시상면에서의 정복상태를 확인하고, 경피적으로 나사못을 고정하였다. 이차 수술 시 일차 수술에서 사용한 강선은 안정성을 잃거나 금속판 고정에 지장이 있는 경우 제거하였고, 이차 수술 전에 안정성이 없거나 감염의 위험이 있는 경우는 조기에 병동에서 제거하였다. 나사못의 경우도 금속판 고정에 제한이 되는 경우 수술장에서 제거하는 것을 원칙으로 하였다. Cloverleaf plate는 두께가 얇아 술 전 bending이 용이하며, 원위부를 고정할 수 있는 hole이 많아 고정력이 좋은 장점이 있어 사용하였다. 그러나, 얇아서 상대적으로 기존의 금속판에 비해 파손의 위험이 있으나, 전 예에서 파손은 없었다. 또한 이차 수술 시 전 예에서 골 이식은 시행하지 않았다. 조기에 골 이식을 요하는 경우는 본 예에서 제외하였다. 그러나 골 결손 부위가 비교적 컸지만, 골 이식을 시행하지 않은 1예에서 지연 유합과 비골의 불유합을 보여, 술 후 14주에 경골 골절은 골 이식과 함께 recon plate를 이용한 내고정을 시행하였다. 이차 수술 후 부목 고정을 시행하고 방사선 촬영을 하여 전반적인 축성 정렬과 금속판의 위치가 적절한지를 다시 평가하였다.

환자의 전신 상태와 통증의 상태를 고려하여 술 후 1일째부터 가급적 족관절 운동을 시행하는 것을 원칙으로 하였다. 또한 일차 수술 시 미리 bar와 half 핀의 위치를 변화시켜 개방성 창상의 치료를 용이하게 하도록 하였다. 이차 수술 후 평균 3주 후 (수상 후 약 6~7주)부터 골 결손 부의 크기, 골다공증 유무, 수술 시 안정된 고정 유무, 전신 상태, 동반 손상 등을 고려하여 목발과 함께 슬개건 지지 보조기 (patellar-tendon bearing brace)의 착용 하에 부분 체중부하를 실시하였으며, 골 유합 소견이 보이면 전체 체중부하를 실시하였다.

3. 추시 및 평가

임상적 골 유합 시기의 판정은 방사선 전후 및 측면 사진상 최소 삼면에서 골유합 소견을 보이고 골절부에 동통이나 움직임이 없으며 체중 부하 시 통증이 없을 때로 정의하였다. 각 변형은 10° 이상의 각변형이 있을 때 변형이 있다고 정의하였고, 건축 경골에 비해 1 cm 이상 짧을 때 단축이라고 정의하였다. 족관절 임상적, 기능적 평가로 Teeny와 Wiss²²⁾에 의한 Clinical scoring system을 이용하였으며 93점 이상 우수, 87~92점 양호, 65~86점 보통, 65점 미만을 불량으로 하였다.

결 과

총 25예 중 24예에서 골 유합을 얻을 수 있었으며, 방사선학적 골 유합 시기는 이차 수술 후 최단 12주에서 최장 24주로, 평균 18주였다. 5도 이상의 각변형을 보인 경우는 2예로 1예에서 전방 각형성 7도와 5도 외반변형을, 1예는 전방 각형성 7도 관찰되었으나, 10도 이상의 각변형이나 1 cm 이상의 단축 소견은 보이지 않았으며, 족관절의 임상적, 기능적 평가에 있어서 Teeny and Wiss scores 평균 90점으로 우수 6예, 양호 16예, 보통 2예, 불량 1예였다 (Table 1). 전신 상태가 좋지 않아 비골에 금속판 내고정을 시행하지 못하여 rush 핀 고정을 시행한 1예 (AO/OTA 분류 C1, Gustilo-Anderson 분류 II)에서 회전 변형과 불유합이 동반되고, 이차 수술 후 14주까지도 경골부의 골절부 압통 및 불유합 소견이 보여 이에 대해 비골에 관혈적 정복 및 금속판 내고정을 시행하고 경골에 대해서 골 이식과 재건 금속판을 이용한 내고정을 추가로 시행하였다 (Fig. 2). 그 외에 골 이식 없이 20주 이후에 유합을 얻은 지연 유합 3예는 Gustilo-Anderson 분류 IIIa 1예, IIIb 2예에서 존재하였고, 수상 시 연부조직 손상이 심한 개방성 골절 IIIb형 2예에서 상처부 변연 절제술을 시행하고 각각 28일과 30일에 이차 지연 수술을 시행하였으나, 피부 괴사 소견이



Fig. 2. (A, B) AO/OTA type C1 and Gustilo-Anderson type II tibia fracture with distal 1/3 fibular fracture of 61-years old male.
 (C, D) Immediate postoperative radiographs after hybrid external fixation using olive wire about distal tibia fracture, rush pin fixation about distal fibular fracture.
 (E) Immediate postoperative radiographs after two-staged MIPPO technique.
 (F) At 14 weeks after secondary operation, bone union of fibula was not achieved.
 (G) At 20 weeks after secondary operation, the patient underwent open reduction and internal fixation about fibular fracture, additional bone graft and plate fixation about tibial fracture.

보여 2예 모두에서 역행성 복제 신경 피판 (reverse saphenous flap)술을 시행하였고, 또한 이차 수술 시행 후 금속판이 노출되지 않을 정도로 괴사된 부위가 존재하는 type IIIa 5예와 type II 1예에서 전 층이나 부분 층 피부 이식을 시행하여 추가 술식은 모두 Gustilo-Anderson 분류 II형 이상에서 필요하였다. 그 외에 금속판의 파손이나 심부 감염, 염증성 불유합의 합병증은 발생하지 않았다.

고 찰

경골 원위부 골절은 고에너지 손상으로 골간단부와 관절면에 심한 분쇄 골절, 연부조직 손상, 개방성 골절이 잘 발생하여 그 치료가 어려워 고식적 내고정술 및 외고정술이나 변형된 술식들이 많이 시도되어 왔다. 그러나, 관혈적인 정복과 내고정술은 광범위한 연부조직 박리와 골막 손상으로 인하여 높은 감염과 지연 유합, 부정 유합 등의 문제점들이 보고되었다^{7,8,14,22)}. 따라서 연부조직의 합병증을 줄이

기 위해서 외고정술 단독 또는 외고정술과 제한적인 내고정술을 이용한 방법이 많이 시도되어 왔는데^{4,6,13)}, 이러한 방법들은 피부 괴사나 창상의 감염을 줄일 수 있었지만 핀 경로 감염, 부정 유합, 불유합, 심부 감염은 여전히 발생하였음을 보고하고 있다^{10,17,19,23)}. 특히 Barbieri 등¹⁾은 37예의 외고정을 시행하여 약 12예, 35%의 높은 합병증을 보고한 바 있다. Bone⁵⁾은 pilon 골절에서 가장 좋은 결과는 금속판과 나사못을 이용한 안정된 내고정을 시행한 경우라 하였고, 개방성 골절로 내고정을 시행하지 못하는 경우 제한적 지연나사를 이용한 내고정으로 관절면을 회복하고 약 6~8주 뒤 외고정 장치 제거 후 금속판 등을 이용한 안정성 회복을 주장하였다. 따라서 연부 조직의 손상을 최소화 하면서 골편에 혈류를 보존하여 골 유합을 높이고, 기능적인 면에서도 양호한 결과를 얻기 위하여 단계적 술식이 시도되었는데^{15,18,20)}, Helfet 등¹²⁾은 경골 원위부 골절 20예에서 초기에 외고정술을 시행한 후 연부 조직의 부종이 완화된 5~7일 후에 최소 침습적 경피적 금속판 내고정술을 시

행하여 고식적인 내고정술 및 외고정술로 인한 심한 합병증을 피할 수 있어 안정화된 좋은 술식이라고 보고하였다. Patterson과 Cole¹⁸⁾도 심한 경골 pilon 골절에서 1단계에 비골을 내고정하여 길이를 유지하고 경골 내측에 외고정술을 시행한 후 2단계로 관혈적인 정복과 내고정술을 시행하였으며, 이러한 술식의 장점으로 연부 조직의 합병증을 줄이고, 관절면의 해부학적 정렬과 견고한 고정으로 조기 관절운동과 체중부하를 얻을 목적으로 시행하였다고 보고하였다. Sirkin 등²⁰⁾은 개방성 pilon 골절 22예에서 일차 술식에서 이차 술식으로 전환이 평균 14일이었으며 제III B형 5예 모두에서 파판 이식을 시행하였으나 이러한 단계적인 술식으로 연부 조직의 안정화를 가져올 수 있었고, 이후에 해부학적 정복과 내고정술로 창상 감염 등 합병증을 최소화하여 피부 이식이나 파판술을 줄일 수 있다고 보고하였다.

본 저자들에서는 일차 외고정 시 단방향 외고정 장치(monoexternal fixator)를 사용하지 않고 혼합형 또는 Ilizarov를 사용하였는데, 단방향 외고정 장치는 구조적으로 관절 주위 짧은 골편에 안정된 고정을 얻기가 어려울 수 있고, 종골에 하나의 half pin만 고정하여 조작 장치(joystick)로 사용 시 견인과 동시에 각변형도 교정하는데 어려운 경우를 적지 않게 경험하여 원위부 금속환을 조작장치로 이용해 견인과 함께 각변형을 교정하여 보다 쉬운 인대 견인술(ligamentotaxis)을 시행할 수 있었고, 경골 골편 압박이 필요한 경우 olive 강선 등의 사용이 가능하였다. 또한 MIPPO 술기로는 관절 면을 맞출 수가 없기에 일차 수술 시 최소 절개를 통해 가급적 관절면을 회복하였으며, 골절부 주위의 피부 상태나 골절 양상, 동반 골절 유무에 따라 거골이나 원위 경골에 강선 고정을 결정하였다. 그러나 단방향 외고정 장치보다 기구의 부피가 큰 단점이 있으나, 일차 수술 시 평균 24.5일 뒤에 제거하므로 상대적으로 큰 불편함은 느끼지 못했으며, 연부조직 관찰이나 처치에 불편함이 있어 가급적 bar의 위치를 처치하기 쉽게 위치시켰고, 원위부 고정은 최소한의 고정을 하였다. 일차 수술 후 연부조직이 안정화되면 이차 수술로 최소 침습적 경피적 금속판 고정술을 시행하였다.

개방성 경골 골절에서 외고정술 후 내고정술로 전환 시기에 대해서는 많은 논란이 있어왔으나 대부분 저자들은 핀 고정부에 염증이 없다면 짧은 외고정 기간과, 가급적 조기 창상 피복술(wound coverage) 등을 통해 감염의 위험을 줄일 수 있다고 하였다. 본 저자들에서도 1차 수술 후 이차 수술로 전환 기간이 평균 21일로 핀 고정부의 염증소견과 백혈구 수치 및 ESR, CRP 등의 혈액학적 검사를 참고하여 가급적 외고정 기간을 짧게 하였으며, 7일 이내 지연성 연부조직 봉합을 시행하였다. 또한 근위 경골 골절

편에 고정한 half pin의 위치와 원위부 강선 고정 시 경피적 금속판을 고정할 부위에서 가급적 멀리 위치시키기 위해 노력한 것도 심부 감염을 줄일 수 있었다.

결 론

저자들은 개방성 경골 원위부 골절 치료로 경골에 대해서는 환형 외고정 장치를 시행한 후 연부 조직 안정화와 부종이 감소된 이후에 이차적으로 최소 침습적 경피적 내고정술로 전환하여 연부 조직의 손상을 최소화하고, 골절편으로 혈류를 보존하여 높은 골유합을 얻을 수 있는 유용한 치료 방법의 하나로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) Barbieri R, Schenk R, Koval K, Aurori B, Aurori K: Hybrid external fixation in the treatment of tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res*, **332**: 16-22, 1996.
- 2) Bhandari M, Zlowodzki M, Tornetta P 3rd, Schmidt A, Templeman DC: Intramedullary nailing following external fixation in femoral and tibial shaft fractures. *J Orthop Trauma*, **19**: 140-144, 2005.
- 3) Blachut PA, Meek RN, O'Brien PJ: External fixation and delayed intramedullary nailing of open fractures of the tibial shaft. *J Bone Joint Surg Am*, **72**: 729-735, 1990.
- 4) Bonar SK, Marsh JL: Unilateral external fixation for severe pilon fractures. *Foot Ankle*, **14**: 57-64, 1993.
- 5) Bone LB: Fractures of the tibial plafond: the pilon fractures. *Orthop Clin North Am*, **18**: 95-104, 1987.
- 6) 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.
- 7) Bourne RB, Rorabeck CH, Macnab J: Intra-articular fractures of the distal tibia: the pilon fracture. *J Trauma*, **23**: 591-596, 1983.
- 8) 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.
- 9) Edwards CC, Simmons SC, Browner BD, Weigel MC: Severe open tibial fractures. Results treating 202 injuries with external fixation. *Clin Orthop Relat Res*, **230**: 98-115, 1988.
- 10) Griffiths GP, Thordarson DB: Tibial plafond fractures: limited internal fixation and a hybrid external fixator. *Foot*

- Ankle Int, **17**: 444-448, 1996.
- 11) **Gustilo RB, Anderson JT**: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. J Bone Joint Surg Am, **58**: 453-458, 1976.
 - 12) **Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr**: Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. Injury, **28**: 42-47, 1997.
 - 13) **Marsh JL, Bonar S, Nepola JV, Decoster TA, Hurwits SR**: Use of an articulated external fixator for fractures of the tibial plafond. J Bone Joint Surg Am, **77**: 1498-1509, 1995.
 - 14) **McFerran MA, Smith SW, Boulas HJ, Schwartz HS**: Complications encountered in the treatment of pilon fractures. J Orthop Trauma, **6**: 195-200, 1992.
 - 15) **McGraw JM, Lim EV**: Treatment of open tibial-shaft fractures. External fixation and secondary intramedullary nailing. J Bone Joint Surg Am, **70**: 900-911, 1988.
 - 16) **Muller ME, Allgower M, Schreider R, Willenegger H**: The manual of internal fixation. 3rd ed. New York, Springer-Verlag: 1991.
 - 17) **Oh CW**: Treatment of complex distal tibia fractures. J Korean Fracture Soc, **18**: 485-490, 2005.
 - 18) **Patterson MJ, Cole JD**: Two-staged delayed open reduction and internal fixation of severe pilon fractures. J Orthop Trauma, **13**: 85-91, 1999.
 - 19) **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.
 - 20) **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.
 - 21) **Sohn HM, Lee JY, Ha SH, You JW, Lee SH, Lee KC**: Treatment of high-energy distal tibia intraarticular fractures with two-staged delayed minimal invasive plate osteosynthesis. J Korean Fracture Soc, **20**: 19-25, 2007.
 - 22) **Teeny SM, Wiss DA**: Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. Clin Orthop Trauma, **292**: 108-117, 1993.
 - 23) **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.