

경골 원위부 골절에서 교합성 골수강내 금속정을 이용한 치료

손욱진·정승민

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 연부 조직손상이 심한 경골 원위부 골절에서 교합성 골수강내 금속정을 이용한 21예의 환자들을 대상으로 치료결과를 분석하여 이의 유용성과 결과에 미치는 요인 인자들에 대해 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 2000년 4월부터 2005년 6월까지 경골 원위부 골절 환자 중 본원에서 교합성 골수강내 금속정을 이용하여 수술하고 1년 이상 추시 가능한 21예를 대상으로 연구를 시행하였다. 수술 후 방사선 사진과 IOWA ANKLE rating system으로 골유합 시기와 기능평가를 하였으며, 골유합에 영향을 줄 수 있는 인자들을 조사하여 비교 분석하였다.

결 과: 골 유합은 평균 18.5주였으며, 최종 추시 시 전 예에서 불유합, 지연유합 및 감염은 없었다. 족관절의 기능평가는 평균 91.3점이었다. 수상 당시 개방성 골절과 분절 골절에서 골유합 시기가 늦었으며, 개방성 골절 시 연부조직의 손상이 클수록 결과에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다.

결 론: 경골 원위부 골절의 교합성 골수강내 금속정을 이용한 치료는 높은 골유합률과 낮은 합병증으로 권장할 만한 치료 방법이며 연부조직의 적절한 치료가 예후에 영향을 주는 것으로 생각된다.

색인 단어: 원위 경골, 교합성 골수강내 금속정, 개방성 골절

Interlocking Intramedullary Nail in Distal Tibia Fracture

Oog Jin Shon, M.D., Sung Min Chung, M.D.

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

Purpose: To evaluate the effectivity of interlocking intramedullary nailing for distal tibia fracture and prognostic factor to bone healing.

Materials and Methods: From April 2000 to June 2005, 21 cases who had distal tibia fracture were treated by interlocking intramedullary nail were analyzed. The duration of follow-up was more than 1 year. We evaluated clinical results by IOWA ANKLE rating system and union time by simple X-ray. Furthermore, we estimated prognostic factor to union time.

Results: The bone union was achieved at average 18.5 weeks. At the last follow-up, there was no non-union and infection. Average IOWA ANKLE rating score was 91.3 point. The union time was delayed in open and segmental fracture at initial fracture. And severe soft tissue injury in open fracture revealed bad result.

Conclusion: We concluded that interlocking intramedullary nail is effective method for treatment of the distal tibial fractures. And, adequate soft tissue management is important to bone healing and clinical outcome.

Key Words: Distal tibia, Interlocking intramedullary nail, Open fracture

통신저자 : 손 욱 진

대구광역시 남구 대명동 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

서 론

경골 원위부 골절은 연부 조직이 적고, 개방성 골절을 일으키기 쉬우며, 족관절과 인접하여 술 후 운동장애가 많이 남는 문제점이 있다¹⁶⁾. 이런 경골 원위부 골절의 치료는 과거 대부분 관혈적 정복 뒤 금속판 고정술이나 외고정 장치를 주로 사용하여 여러 합병증을 만들어 왔다. 그래서 최근 최소 침습적 기술을 이용한 MIPPO (minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis)가 소개되고 있으며, 경골 간부 골절 시 많이 이용되는 골수강내 금속정 고정술 등이 많이 행해지고 있다. 이들 중 MIPPO technique은 수술 시 연부조직손상을 최소화할 수 있는 장점이 있으나 초기 연부조직손상이 심한 골절에서는 기술을 바로 할 수 없는 문제점이 있다. 그러나, 경골 원위부 골절에서 골수강내 금속정 고정은 과거 골절 원위부가 짧아 견고한 고정이 힘들고 관절 손상 등의 합병증이 많아 이용에 제한이 있었으나, 최근 골수강내 금속정 고정술에 대한 많은 경험의 축적과 수술법의 향상으로 여러 논문에서 좋은 결과들이 보고되고 있다^{15,17)}.

이에 저자들은 수상 당시 연부조직손상이 심한 경골 원위부 골절에서 내원 시 바로 교합성 골수강내 금속정을 이용하여 수술 하였거나 또는 개방성 골절이 심해 1차적으로 일시적 외고정 장치를 시행 후 추후에 골수강내 금속정을 시행한 21예의 환자를 대상으로 치료결과를 분석하여 이의 유용성과 결과에 미치는 요인 인자에 대해 알아보하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2000년 4월부터 2005년 6월까지 경골 원위부 골절 환자 중 본원에서 교합성 골수강내 금속정을 이용하여 수술하고 최소 1년 이상 추시 가능했던 24예 중 추시 관찰 중 사망한 1예와 추시관찰이 실패한 1예, 그리고 동반된 뇌손상으로 기능적 평가가 불가능한 1예를 제외한 21예를 대상으로 조사하였다. 평균 추시 기간은 1.5년 (~2년)이었다. 경골 원위부 골절은 족관절면으로부터 6 cm 이하에 발생한 골절로 정의하였고, 근위부에 골절이 동반된 분절 골절도 연구 대상에 포함시켰다. 족관절로부터의 골절선까지의 거리는 평균 4.6 cm (0~6 cm)였다. 평균 연령은 54세 (19~77세)였으며 비교적 고른 연령 분포를 보였다. 성별 분포는 남자 19예, 여자 2예였으며, 수상 원인은 교통사고가 16예 (76%)로 대부분을 차지하였으며, 5예 (24%)에서 넘어져서 수상을 하였다. 수상부위는 우측 경골 골절이 14예, 좌측 경골이 7예로 나타났다. 수상 후 골수강내 금속정 삽입술 시행까지의 기간은 폐쇄성 골절인 경우 평균 2.8일이었고, 개방성 골절인 경우

개방창의 상처 치료와 피부 및 피관 이식술을 시행하는 기간이 필요하여 평균 68.6일이 소요되었다.

폐쇄성 골절 중 연부 조직 손상이 심하여 수상 즉시 최근의 최소 침습적 내고정술 (MIPPO)을 시행할 수 없는 환자에서 폐쇄성 내금속정 고정술을 시행한 경우를 연구 대상으로 선정하였다.

2. 골절의 분류

수상 당시 연부조직의 상태는 개방성 골절 시 Gustilo classification으로 분류하였다. 골절의 양상은 AO classification과 분절골절의 유무로 분류하였는데, 수상 당시의 골절의 형태는 AO분류에 따라 A1 13예, A2 6예, A3 1예, C1 1예로 1예를 제외하고 모두 extra-articular type이었다 (Table 1). 골절선의 족관절로부터의 높이는 관절로부터 4 cm 이상인 골절과 4 cm 이하인 골절로 분류하여 두 군을 서로 비교하였으며, 수술 시 reaming 유무에 따라 골유합과 족관절 기능을 비교하였다.

3. 수술 방법 및 수술 후 처치

수술은 척추 (14예) 또는 전신마취 (7예) 후 양와위치로 방사선 투과성 수술대에서 도수 견인을 하며, 골절의 정복 후 폐쇄성 금속정을 삽입하였다. 골절의 정확한 정복은 방사선 투시기를 이용하여 확인하였다. 골절면의 안정성을 위하여 16예에서 2개, 4예에서 3개 그리고 1예에서 1개의 원위 교합나사를 삽입하였는데, 원위 골절편이 짧기 때문에 15예에서 나사를 수직으로 교차된 방향으로 삽입하였고, 3예에서는 원위 교합 나사 중 근위부 교합 나사가 골절면을 포함하면서 골절 근위부와 원위부의 피질골을 고정하도록 하였다. 또한, 골절선이 족관절을 침범하여 금속정 삽입 시 관절 골편의 전위가 예상된 1예에서 임시적으로 K강선을 고정한 뒤 금속정을 삽입하였다. 동반된 비골 골절이 원위부에 위치하여 족관절의 불안정성이 예상될 때는 금속판으로 비골을 고정하였다. 수상 당시 개방성 골절이 있는 11예 중 개방창이 심하여 즉각적인 내금속정 고정술이 힘든 8예의 경우에 초기 도수

Table 1. Fracture type

AO classification	A1 (13)	A2 (6)	A3 (1)
	B1 (0)	B2 (0)	B3 (0)
	C1 (1)	C2 (0)	C3 (0)
Segmental fracture	Segmental (4)		Non-segmental (17)
Open fracture	Open (11)		Closed (10)

정복 및 외고정 장치를 시행하여 개방창의 충분한 상처 치료 후 연부조직이 회복한 다음에 폐쇄성 금속정 삽입술을 시행하였는데, 외고정 장치 기간 동안 충분한 항생제 치료와 상처 치료로 골수염과 상처 감염을 제거한 뒤 3예에서 피부조직판 이식술과 2예에서 피부 이식술 그리고 3예에서 보존적 상처 치료를 통해 개방된 창상을 완전히 덮은 후 최종적인 교합성 골수강내 고정술을 시행하였다. 수술 시 자가골 이식술은 2예에서 시행하였다. 수술 당시 5예에서 reaming을 시행하였으며, 16예에서 reaming을 시행하지 않았다.

골절선이 관절면을 포함하지 않은 경우는 수술 후 2일째부터 족관절 및 슬관절의 관절운동을 시행하였고, 골절선이 관절면을 포함한 경우는 수술 후 약 3주간 장하지 석고부목을 하였으며 그 후 관절운동을 시행하였다. 특히 외고정 장치를 시행하여 장기간의 족관절 운동을 하지 못한 환자들은 지속적으로 충분한 관절운동을 시행하도록 하였다. 모든 환자에서 수술 후 4주부터 부분체중 부하를 허용하였다.

4. 임상적 평가 및 방사선학적 평가

수술 후 정기적인 (평균 2주간) 방사선 사진을 통해 추시 기간 중 골유합 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 정의하였다¹⁰⁾. 또한, 각 변형은 5도 이상의 각 변형이 있을 때 변형이 있다고 정의하고, 건축 경골에 비해 10 mm 이상 짧을 때 단축이 있다고 정의하였다.

족근 관절의 기능적 평가는 IOWA ANKLE-Evaluation rating system¹⁴⁾을 이용해 마지막 추시 방문 시 이학적 검사와 설문조사를 통해 측정하였다. 족관절의 기능, 통증소실 정도, 보행 정도 그리고, 족관절의 운동범위 정도의 4가지로 나누어서 조사하여 총 100점에서 90~100점은 excellent, 80~89는 good 그리고 70~79는 fair로 분류하였다.

그 외 수상 당시의 연부조직의 상태와 골절 양상 그리고 족관절로부터의 골절선의 거리, 수술 시 reaming 유무에 따라 골유합 시기와 임상적 결과를 서로 비교하여 예후에 영향을 주는 인자들에 대해 조사하였다.

5. 통계학적 평가

치료 결과에 관한 통계 처리에 있어서는 SPSS 11.5 version의 T-test와 ANOVA test를 이용하여 유의수준 $p < 0.05$ 를 통계학적으로 의미 있는 것으로 하였다.

결 과

골유합은 평균 18.5주 (11~33주)로 모든 골절에서 만족할 만한 골 유합을 보였다 (Fig. 1). IOWA ANKLE-Evalua-



Fig. 1. (A) The preoperative radiograph of a 71-year-old male, who had a type II open distal tibiofibular fracture three month ago, shows external fixator applied state. During the external fixation, antibiotic therapy and skin graft operation were done. The wound was not infected and skin was completely covered. (B) The postoperative radiograph shows a relatively satisfactory reduction of the tibia after remove internal fixation with interlocking intramedullary nail and bone graft. (C) The postoperative 1 year radiograph shows good union state of fracture site without complication (union time 20 weeks, IOWA score 90 point, full recovery to prior job).

tion rating system을 이용한 족관절의 기능평가에서 마지막 추시 시 평균 91.3점 (80~100점)으로 13예에서 우수 (excellent), 8예에서 양호 (good)였다.

전체 21예의 환자 중 20예에서 골절 이전의 직업이나 일상생활로 복귀하였으며, 1예에서 통증으로 인해 이전 직업으로 복귀를 못한 것으로 조사되었다.

분절 골절인 4예의 골유합은 평균 24주, 분절 골절이 아닌 17예의 평균 골유합은 17주로 분절 골절 시 골유합이 지연되는 것으로 나타났으며, 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 또한, IOWA Ankle score상 분절 골절일 때 86.5점, 비분절 골절일 때 91.1점으로 비분절 골절 시 예후가 좋은 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다 ($p > 0.05$).

수상 시 개방성 골절의 평균 골유합은 22.2주이고, 폐쇄성 골절은 14.5주로 개방성 골절에서 골유합이 지연되는 것으로 나타났으며, IOWA score는 개방성 골절 시 87.4점이고 폐쇄성 골절일 때 95.6점으로 조사되어 골유합과 기능적인 면에서 모두 개방성 골절일 때 예후가 나쁜 것으로 나타났고, 통계적으로도 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

수상 시 개방성 골절일 때 Gustilo grade상 I는 3예이며 골유합은 16주, IOWA score는 92점이었다. II는 4예로 골유합은 21.5주, IOWA score는 86.5점으로 나타났으며, IIIa는 4예이고 골유합 27.5주, IOWA score 84.8점으로 나타났다. 조사결과 골절 시 연부조직 손상이 심할수록 골유합 시기가 길어지고, 마지막 추시 시 족관절 기능도 나빠지는 것으로 나타났으며, 통계적으로도 각 군 간에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 특히, 외고정 장치를 시행하여 장기간의 족관절 운동을 하지 않은 II형과 IIIa형의 환자들은 외고정 장치를 하지 않아 즉각적인 족관절 운동을 시행한 I형에 비해 족관절 운동범위와 기능이 나쁜 것으로 나타났다.

족관절로부터 골절선의 높이에 따른 비교에서 4 cm 이상에서는 골유합이 17.6주, IOWA score 93.3점이었고, 4 cm 이하에서 골유합 20.8주, IOWA score 86.3점으로 나타났다. 하지만, 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

수술 시 reaming 시행 유무에 있어서는 reaming을 한 군에서 골유합이 21주, IOWA score는 87.4점이었고, reaming을 하지 않은 군에서 17.8주와 92.5점으로 나타났으나 통계적으로 두 군 간의 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

합병증은 족관절의 운동 제한이 2예, 6도의 외반 변형이 1예가 있었지만 그 이외에 불유합이나 부정 유합, 하지 단축, 슬관절의 운동 장애, 골수염 등의 다른 합병증은 나타나지 않았고, 나사못의 파손 등 기구 실패에 의한 합병증도 없었다.

고 찰

경골 골절은 장관골의 골절 중 가장 빈도가 높으며 고에너지 손상에 의한 골절이 증가함에 따라 치료에 많은 어려움이 있다. 특히, 경골의 원위 골간단부는 주위에 연부 조직이 적어서 골절 시 개방성 골절을 일으키기 쉽고, 족관절과 인접해 있어서 치료 후 운동장애를 일으키기 쉬우며 피질골의 굴곡이 심하고 골중위부의 삼면체가 골간단부로 이행되면서 매끄러운 원통형으로 바뀌는 구조로 골절면의 견고한 고정에 어려움이 있다⁸⁾. 이러한 문제로 인해 최적의 치료방법이 정해져 있지 않고, 여러 가지 수술적 치료방법이 소개되고 있다. 지금까지 알려진 것으로는 외고정 기구, 금속판 나사, 최소 침습적 금속판 내고정술, 골수강내 금속정 등의 수술적 치료와 보존적 방법 등이 있다. 그러나, 외고정 기구는 정복의 소실, 지연 유합, 부정 유합, 핀 삽입부 감염 등의 문제가 있고^{9,21)}, 금속판과 나사는 일차 골유합은 유도하지만, 광범위한 연부조직의 절개로 감염의 위험성이 높고 불유합의 문제가 있으며 금속판의 생리적 응력 차단으로 골 위축을 초래한다고 하였다^{1,15)}. 최근 이러한 단점을 해결하기 위해 최소한의 피부 절개를 통하여 연부조직의 손상을 최소화하면서 골편의 견고한 고정이 가능한 최소 침습적인 내 고정술 (minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO)이 소개되었다. 하지만, 이 술식 또한 초기 연부조직손상이 심한 경우 바로 시술을 바로 할 수 없는 점과 금속판을 원위경골의 모양과 비슷하게 굽히거나 조작이 어렵고 원위부로 수술 절개가 커지는 문제점, 금속판이 피하의 튀어나온 부분에서 피부와 접촉 시 자극을 호소하는 등의 단점이 있다. 보존적 방법을 이용한 치료는 장기간의 고정으로 관절 운동의 제한이 발생할 수 있고, 골절면의 정복 상태 유지가 어려운 경우가 많다.

교합성 골수강내 금속정은 골절부 주위의 추가적인 연부조직 손상을 최소화하면서 안전한 고정력을 얻을 수 있으며 특히 경골 중위부 골절에서 높은 골유합률과 빠른 기능 회복을 보이면서 감염이나 부정유합 등의 합병증이 적어 경제적으로 훨씬 유용한 방법으로 알려져 있다. Melis 등¹³⁾은 골절 부위의 미끄러짐, 휘어짐, 그리고 회전을 방지할 수 있으므로 조기 관절 운동 및 조기 체중부하가 가능한 장점이 있다고 하였으며, 슬관절에서 66 mm 이내 또는 족관절에서 22 mm 이내의 골절이 아니면 금속정 고정이 가능하다고 하였다. 이와 관련하여 Konrath 등¹¹⁾은 95%에서 만족할 만한 결과를 얻었다고 하였으며, Rzesacz 등²⁰⁾은 폐쇄적 골수강내 금속정과 지연 나사못을 이용하여 골간단부 및 족관절을 침범한 골절에서 임상적으로나 방사선학적으로 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 또한, Robinson 등¹⁸⁾은 관절을 침범하지 않았거나 전위가 거의 없이 관절면을 침범한 골간단부 골

절에서 골수강내 금속정을 이용한 골절의 치료는 좋은 결과를 보이며 비교적 좋지 않은 결과를 보인 경우는 수술 수기상의 문제나 다른 손상이 동반된 경우라고 하였다. 이와 유사하게 본 연구에서도 21예의 환자를 조사한 결과 모든 예에서 평균 18.5주에 만족할 만한 골유합을 얻었고, 임상적으로 족관절 기능에 있어서도 모든 환자에서 IOWA score상 good 이상으로 좋은 결과를 보였으며, 21예 중 20예에서 이전 직업으로의 완전 복귀가 가능하였다.

Freedman과 Johnson³⁾은 경골 골절의 골수강내 금속정을 이용하여 치료할 시 원위부에서는 약 8%의 각 변형이 나타난다고 하였다. 본 연구에서는 불유합은 없었으며, 2예 (10%)에서 경도의 족관절 운동제한과 1예 (5%)에서 통증으로 인한 보행 장애 그리고, 1예 (5%)에서 6도의 각형성으로 만족할 만한 결과를 보여주었다.

원위 경골 골절과 동반된 비골 골절 고정 of the 중요성은 여러 저자들에 의하여 강조되고 있는데, Bostman은²⁾ 5예의 경골과 비골의 골절이 동반된 경우 비골 골절의 중요성을 강조하였고, Richter 등¹⁷⁾은 경골 원위부 골절로 골수강내 금속정으로 치료한 환자 중 비골 골절을 고정하지 않은 경우 22%의 합병증을 보인다고 하였다. 하지만, 본 연구에서는 족관절의 안정성에 영향을 미칠 수 있는 비골 골절은 대부분 고정하였고, 그 외 부분은 고정하지 않은 것을 비교하였기 때문에 비골 골절의 고정이 골유합이나 임상적, 기능적 결과에 영향을 주는지에 대해 통계적으로 규명하기 힘들었다.

Hahn 등⁵⁾은 경골 원위부 골절에서 골수강내 금속정으로 치료한 250예 중 5예에서 금속정 파손이 발생하였고 이는 모두 1개의 원위 교합나사로 고정한 경우에서 발생하였으므로 이러한 원위부 골절에서는 두 개의 교합나사로 고정하는 것이 중요하다고 하였다. 본 저자의 경우 골절선이 관절면을 침범한 1예를 제외하고는 모두 2개 이상의 교합나사로 원위부를 고정하였고, 최종 추시까지 금속정의 파손은 없었다.

골절 치유 후 족관절의 운동 장애는 경미하였는데 2예에서 족관절의 운동이 발생하였는데, 2예 모두 경골 및 비골 골절 양상이 심한 분쇄상을 나타내어 과감한 물리치료가 어려웠던 것이 이유로 생각되며, 골절 치유과정에서 관절 운동을 확대시켰으나 정상범위로 회복시키지는 못하였다.

개방성 골절 시 Rockwood와 Green¹⁹⁾은 어떠한 방법을 사용하던 간에 손상된 연부조직을 더 이상 손상되지 않게 철저히 보호하고 골의 길이를 유지시켜야 하며 골절편의 정복이 잘 되어야 한다고 강조하였다. Gustilo와 Anderson⁴⁾은 개방성 골절의 연부조직 손상 정도에 따라 제I, II, III형으로 나누었고 제III형 개방성 골절은 연부조직의 광범위한 손상과 골의 노출 및 혈류량의 감소, 또한 골절 자체의 불안정성 등으로 말미암아 여러 가지 합병증이 발생할 수 있고 골절의 치료 및 예후에 결정적인 요인이 된다고 하였다. 개방성 골

절 시 치료방법에 대해서는 여러 학자들에 의해 많은 방법이 보고되었는데, 외고정 장치에 의한 방법은 심한 분쇄상 개방성 골절의 고정 to 적당하며 피부이식술 및 연부조직의 치료가 자유롭고 감염발생 빈도가 낮지만 나사목구멍으로의 응력 집중현상과 bending moment에 약하다는 단점이 있다^{7,12)}. Harvey 등⁶⁾에 따르면 골수강내 금속정술로 치료한 경우 13.6%의 감염률을 보고하고 있다. 본 저자들의 경우 전체 11예의 개방성 골절 환자 중 연부조직 손상이 심한 IIIa형 4예와 II형 4예 모두에서 초기 외고정 장치 시행 후 연부조직 손상이 안정되고 피부 상태가 양호해진 이후 골수강내 금속정 고정술을 시행하였고, 연부조직 손상이 경한 I형 3예는 초기에 충분한 세척과 변연 절제술 후 골수강내 금속정 고정을 시행하여, 모든 예에서 감염의 합병증 없이 골유합을 얻었다.

결 론

경골 원위부 골절의 치료에서 교합성 골수강내 금속정을 이용한 치료는 연부조직의 손상을 최소화시키고, 높은 골유합률과 낮은 합병증, 그리고 조기 관절 운동이 가능하여 권장할 만한 치료 방법이라 생각된다. 수상 당시의 연부조직 손상 정도와 골절 양상 특히 개방성 골절과 분절골절일 때 골유합 시기에 나쁜 영향을 주므로 이들 요인과 관련하여 수상 당시에 적절히 연부조직 손상을 치료함으로써 빠른 골유합과 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Bone LB, Johnson KD: Treatment of tibial fractures by reaming and intra-medullary nailing. J Bone Joint Surg Am, **68**: 877-887, 1986.
- 2) Bostman OM: Displaced malleolar fractures associated with spiral fractures of the tibial shaft. Clin Orthop Relat Res, **228**: 202-207, 1988.
- 3) Freedman EL, Johnson EE: Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. Clin Orthop Relat Res, **315**: 25-33, 1995.
- 4) 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.
- 5) Hahn D, Bradbury N, Hartley R, Radford PJ: Intramedullary nail breakage in distal fracture of the tibia. Injury, **27**: 323-327, 1996.
- 6) Harvey FJ, Hodgkinson AH, Harvey PM: Intramedullary

- nailing in the treatment of open fractures of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg Am*, **57**: 909-915, 1975.
- 7) **Harvey JP Jr**: Management of open tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res*, **105**: 154-166, 1974.
 - 8) **Hasenhuttl K**: The treatment of unstable fractures of the tibia and fibula with flexible medullary wires. A review of two hundred and thirty-five fractures. *J Bone Joint Surg Am*, **63**: 921-931, 1981.
 - 9) **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.
 - 10) **Kim JR, Lee HS, Choi MK, Lee KB, Park JH, Lee JM**: Treatment of distal tibial fractures by interlocking intramedullary nailing. *J Korean Fracture Soc*, **16**: 348-355, 2003.
 - 11) **Konrath G, Hoed BR, Watson JT, Kaneshiro S, Karges DE, Cramer KE**: Intramedullary nailing of unstable diaphyseal fractures of the tibia with distal intraarticular involvement. *J Orthop Trauma*, **11**: 200-205, 1997.
 - 12) **McKibbin B**: The biology of fracture healing in long bones. *J Bone Joint Surg Br*, **60**: 150-162, 1978.
 - 13) **Melis GC, Sotgiu F, Lepori M, Guido P**: Intramedullary nailing in segmental tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am*, **63**: 1310-1318, 1981.
 - 14) **Merchant TC, Dietz FR**: Long-term follow-up after fractures of tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am*, **71**: 599-606, 1989.
 - 15) **Nicoll EA**: Closed and open management of tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res*, **105**: 144-153, 1974.
 - 16) **Park IH, Song KW, Shin SI, et al**: Interlocking intramedullary nailing for treating most distal tibial fracture. *J Korean Fracture Soc*, **16**: 356-362, 2003.
 - 17) **Richter D, Hahn MP, Laun RA, Ekkernkamp A, Muhr G, Ostermann PA**: Ankle para-articular tibial fracture. Is osteosynthesis with the unreamed intramedullary nail adequate? *Chirurg*, **69**: 563-570, 1998.
 - 18) **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.
 - 19) **Rockwood CA, Green DP**: Fractures. 3rd ed. Philadelphia, J B Lippencott Co: 1593-1663, 1991.
 - 20) **Rzesacz EH, Konneker W, Reilmann H, Culemann U**: Combination of intramedullary nail and covered screw osteosynthesis for managing distal tibial fracture with ankle joint involvement. *Unfallchirurg*, **101**: 907-913, 1998.
 - 21) **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.