

성인에서 Ilizarov 외고정술에 의한 심한 개방성 경골 간부 골절의 치료

서정탁 · 남태욱 · 유충일

부산대학교 의과대학 정형외과학교실

= Abstract =

Ilizarov External Fixation for Severe Open Tibial Shaft Fractures in Adults

Jeung-Tak Suh, M.D., Tae-Wook Nam M.D. and Chong-Il Yoo, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine,
Pusan National University, Pusan, Korea*

Purpose : It is to evaluate and discuss the result of severe open tibial shaft fractures treated by Ilizarov external fixation.

Materials and Methods : From the January 1992 to July 1997, 34 cases of severe open tibial shaft fracture in adults were treated with Ilizarov external fixator. 20 males and 14 females were followed for at least 1 year.

Results: Fractures were evenly distributed through proximal 1/3 to distal 1/3 and its pattern was mostly comminuted one. According to Gustilo-Anderson classification, it mainly consisted of type III a & III b (28 cases; 82%). Mean bony union time was 40.2 months. There were 5 cases (15%) of delayed union, 2 cases (6%) of nonunion, 5 cases (15%) of deep infection including 3 cases (9%) of osteomyelitis, 10 cases (29%) of pin tract infection, 4 cases (12%) of malunion and 11 cases (32%) of ankle stiffness.

※ 통신저자: 서정탁
부산 서구 아미동 1-10 (602-739)
부산대학교 의과대학 정형외과학교실
Tel: 051-240-7248, Fax: 051-247-8395
E-mail: jtsuh@hyowon.cc.pusan.ac.kr

Conclusion: Conclusively, in the first place, for the successful treatment with Ilizarov external fixator, determining appropriate indications is the most important. Secondly, active reconstruction of soft tissue environment and early prophylactic bone graft, if necessary, are also essential to shorten union time. Thirdly, meticulous care of pin site and ankle motion is needed for the prevention of the two most common complications even though they are considered to be minor.

Key Words: Tibia shaft, Open fracture, Ilizarov external fixation

서론

경골은 경골 전내면의 피하조직이 극히 얇다는 해부학적 특징으로 인해 골절 발생시 심한 분쇄상, 개방성 양상을 보인다. 이 두 가지 특징을 고려하여 Gustilo & Anderson II 형이나 III형의 개방성 간부 골절에서는 그 치료 방법의 선택이 다양한데 최근엔 비화공성 교합성 골수강내 금속정 고정술이 그 적응증을 넓게 잡아 시술되고 있다. 한편 Ilizarov 외고정술의 경우 골조직에 대한 자극이 적고 공간 배열 조정이 용이하고, 변형에 대한 삼차원적인 교정이 가능하다는 장점에도 불구하고 부피가 커서 거주장스럽다는 것과 술기의 난해함이 단점이 되고 있다^{1,2}. 그러므로 Ilizarov 외고정술을 함에 있어서는 적응증을 잘 잡아 시술하는 것이 매우 중요하고 시술 대상이 주로 심한 분쇄나 분절양상인 불안정 골절이므로 발생 가능한 합병증을 염두에 둔 적극적인 접근이 필요하다고 하겠다.

이에 저자들은 Ilizarov 술식을 이용하여 만족할 만한 결과를 얻었기에 1년 이상 추시관찰이 가능했던 34례를 그 치료 결과를 분석하여 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

연구 대상 및 방법

1992년 1월부터 1997년 7월까지 부산대학교 병원 정형외과학교실에서 개방성 경골간부골절로 진단받고 Ilizarov 외고정술로 치료받은 뒤 1년 이상 추시가 가능했던 34례를 대상으로 하여 각 예의 성별 및 연령분포, 수상원인, 동반손상, 골절부위 및 양상에

대해 분석하였고 수술 후 결과는 골유합, 족관절 강직, 지연유합, 불유합, 부정유합, 하지부동, 감염, 만성 골수염, 절단, 구획증후군 등으로 세분화한 뒤 분석하였다. 저자들은 Ilizarov 외고정술을 시행할 때 그 적응증을 다음과 같이 정하였는데 개방성 경골 간부 골절에서 골편 전위가 심한 분쇄골절, 골결손이 심하여 골연장술이 필요한 경우, 심한 분쇄·분절 골절, 관절면까지 이어지는 골절, 금속정이나 나사못 삽입 부위의 파손이 동반된 경우 등이었다.

치료는 환자가 수술실에 도착하면 무균조작으로 전신 또는 국소마취 하에 시술하였고 심한 동맥성 출혈이 없는 경우에는 지혈대를 사용하지 않았으며 균 배양 검사를 위한 가검물을 먼저 채취하고 betadine으로 철저한 소독 후 수술적 drap을 하고 5,000-10,000cc의 생리적 식염수 등으로 철저히 세척 후 마지막에 항생제가 함유된 식염수 2,000cc로 깨끗이 씻고 체계적으로 확실한 변연절제를 해야 하는데 이때 상처는 충분히 크게 개방하여 이물질들을 철저히 제거하였고 인접관절의 개방여부도 확인하였다. 그 후 피부, 근막, 건, 근육 및 골조직을 점진하고 변연절제했다.

골절 치료는 골편이 최대한 해부학적인 위치에 놓이도록 한 후 고정하였고 아주 작고, 골막이 벗겨지거나 연부조직과 이탈된 골편은 제거하였고 Ilizarov 외고정기구의 시술시에는 술전에 골절부위를 중심으로 아래위로 링을 두 개씩 설치했으며 수술방에서 환측 하지를 건인하여 골절을 정복후 링을 장착하여 조립하고 족관절과 슬관절에 평행하도록 기준 강선(reference wire)을 삽입하여 정렬을 맞추고 필요시에는 올리브 강선 사용으로 골편의 해부학적인 정복을 도모했다. 술후 당일부터 대퇴 사두근 강화 운동과 하지저자상 운동을 시작했고 가능한 빠른 체중부하

및 관절운동을 실시했으며 철축변형을 예방하기 위해 필요한 경우 야간부목을 착용시켰다. 상처 봉합은 대개 wire를 이용하여 피부에 지나친 장력이 가해지지 않도록 느슨하게 묶어 주었고 병동에서 반복적인 변연절제술과 세척술을 손상부위가 깨끗해질 때까지 시행했고, II형에서는 지연 일차 봉합술을, III형에서는 가능한 수상 후 10일 이내에 지연 일차 봉합술을 하고 여의치 않을 때는 부분층 식피술, 화전피관술, 유리근 이식술 등을 시행했다. 자가골 이식술은 연부조직 손상이 복원되고 감염의 징후가 없을 때 조기에 예방적으로 시행하며 대개 성공적인 지연 피부 봉합이나 부분식피술 후 최소한 2-3주 뒤 또는 유리근 이식술 후 최소한 4-6주 뒤에 시행하는 것을 원칙으로 하였으나 거의 전례에서 그보다는 다소 늦게 시술되었고 모두 12례(35%)에서 시술되었다.

저자들은 골절 유합의 판정은 전후면과 측면 방사선사진에서 피질골 형성이 보이고 골소주의 연결이 이루어졌으며 임상적으로 골절부 압통이 없고 체중부하시 통증이 없는 경우로 하였고(Fig. 1A-C) 지연유합은 수상후 6개월 때에도 골 유합의 진행조건이 방사선학적, 임상적으로 나타나지 않는 경우로 정의하

였고, 불유합은 수상후 12개월 때에도 골유합의 증거가 나타나지 않는 경우로 하였으며, 부정유합은 10도 이상의 전후방 각변형, 내 외반 변형이 각각 5도 이상인 경우로 하였고, 족관절 강직은 최종추시시 족관절 배굴이 0도 이하인 경우로 정하였다.

결 과

연령 및 성별 분포로는 평균 39세였고, 남자 20례, 여자 14례였다. 수상원인은 교통사고가 24례, 추락사고가 5례, 직접외상이 5례였다(Table 1). 골절부위는 근위 1/3이 9례, 중위 1/3이 14례, 원위 1/3이 11례로 고 큰 분포를 보여주었고, 골절의 개방성 정도에 따른 양상은 Gustilo & Anderson II형이 5례, IIIa형이 12례, IIIb가 16례, IIIc가 1례였고, 경골 골절의 형태에 따라 분류하면 나선골절이 2례, 분쇄상 골절과 분절골절이 각각 22례와 10례였고 분절골절은 분절 골소실 2례도 포함하는 것이며 동반손상은 등측 비골 골절이 34례로 가장 많았고, 그 외 타부위 골절이 36례, 두부 손상이 12례, 흉부손상이 6례, 복부손상이 5례였다

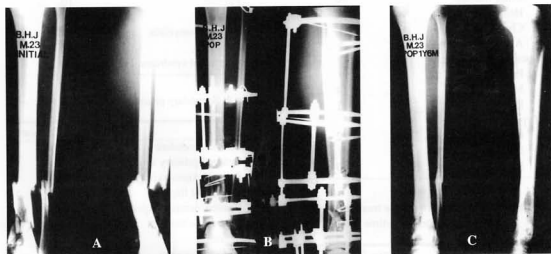


Fig 1-A. The initial roentgenograms of type IIIb open segmental comminuted tibial shaft fracture of a 23-year-old male.

B. Ilizarov external fixation was performed.

C. 54 weeks postoperatively the latest follow-up roentgenograms showed bony union.

(Table 1). 분절 골소실이 있었던 2례는 내원 당시 각각 3cm, 2.5cm 정도의 골편 소실이 동반되었던 경우였고, 연부 조직이 안정화 되었을 때 골연장술을 시행하였다. 연부 조직 시술은 지연 일차 봉합술이 9례, 부분층 식피술이 21례, 회전 피판술이 18례, 유리근 이식술이 5례 행해졌다(Table 4).

골유합 기간은 II형 29.2주, IIIa, IIIb, IIIc형이 각각 36.6, 42.4, 52.4주였다(Table 2).

합병증은 지연유합 5례(15%)와 불유합이 2례(6%)가 발생하여 지연유합 5례중 2례에서는 자가 장골 해면골이식으로써 3례에서는 Ilizarov 기구 자체를 이용한 압박신연술을 이용하여 치유하였고 골수염과 동반되어 불유합이 발생했던 1례에서는, Ilizarov외고정

기구를 제설치한 후 피사된 골편을 절제한 후 내부 이동술을 이용한 골연장으로 치료하였으며, 다른 1례는 Papineau 방법(12)으로 치료하였다(Table 4).

부정유합은 전방각형성 1례(11°), 후방각형성 2례(9°, 10°), 내반각형성 1례(6°) 등 12%에서 발생하였다. 감염의 경우 표재성 감염 5례(15%), 핀 삽입부 감염 10례(29%), 심부 감염 3례(9%)로 핀삽입부 감염률이 매우 높음을 알 수 있었고(Table 3), 표재성 감염과 핀 삽입부 감염은 지속적인 드레싱 및 항생제 투여로 모두 치유되었고 심부 감염은 창상치치 및 항생제 투여 외에도 배농이 잘 되도록 유지하고 적절한

Table 1. Details of the patients

| | Ilizarov fixation |
|------------------------|-------------------|
| Male : Female | 20 : 14 |
| Mean age (years) | 39 |
| Cause | |
| Motor vehicle accident | 24 |
| Fall from height | 5 |
| Direct trauma | 5 |
| Associated injury | |
| Fibular fracture | 34 |
| Other fracture | 36 |
| Head injury | 12 |
| Chest injury | 6 |
| Abdominal injury | 5 |
| Location of fracture | |
| Proximal 1/3 | 9 |
| Middle 1/3 | 14 |
| Distal 1/3 | 11 |
| Type of fracture | |
| Comminuted | 22 |
| Spiral | 2 |
| Segmental | 10 |

Table 2. Correlation between the treatment modalities & the union time

| | Ilizarov fixation | | | |
|----------------------------|-------------------|------|------|------|
| | II | IIIa | IIIb | IIIc |
| Union time | 29.2 | 36.6 | 42.4 | 52.4 |
| Average union time (weeks) | 40.2 | | | |

Table 3. Complications

| | Ilizarov fixation |
|------------------------|-------------------|
| Ankle stiffness | 11 |
| Delayed union | 5 |
| Nonunion | 2 |
| Malunion | |
| Antecurvatum | 1 |
| Recurvatum | 2 |
| Varus | 1 |
| Leg length discrepancy | 2 |
| Infection | |
| Superficial | 5 |
| Pin site | 10 |
| Deep | 3 |
| Chronic osteomyelitis | 2 |
| Amputation | 1 |
| Compartment syndrome | 1 |

Table 4. Secondary procedure

| | Ilizarov fixation |
|---|-------------------|
| Soft tissue procedure | |
| Delayed primary suture | 9 |
| Split thickness skin graft | 21 |
| Rotational flap | 18 |
| (Gastrocnemius, Soleus) | |
| Free tissue transfer | 5 |
| Bone graft | 12 |
| Change of treatment | |
| Ilizarov resetting and internal transport | 3 |
| Wire replacement | 2 |
| Papineau method | 1 |

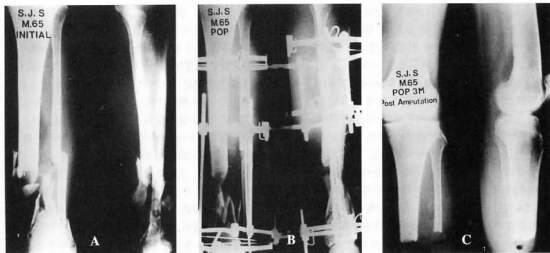


Fig 2-A. The initial roentgenogram of type IIIc open tibial comminuted fracture of a 65-year-old male.

B. After ilizarov external fixator was applied, repair of injured anterior and posterior tibial artery was done.

C. A few days later, thrombosis developed. Despite the efforts to recanalize, necrosis and ensuing sepsis progressed. Therefore below knee amputation was performed.

변연절제술과 세척을 주기적으로 시행하여 육아조직 생상을 촉진시킨 뒤 부분층 이식술, 회전 피판술 및 유리근 이식술 등을 시술함을 원칙으로 하였다.

족관절 강직은 11례(32%)가 발생하여 발생률이 높았다. 하지길이 변화에 있어 1.2 cm 및 1.5 cm의 2례(6%)의 하지부동이 있었으나, 신발굽을 이용하여 교정이 가능했고, 기능장애를 야기하지는 않았으므로 연장술을 시행하지는 않았다(Table 3). 만성 골수염은 2례(6%)가 발생하였으며, 슬관절하 절단술은 1례 발생했는데 IIIc의 개방성 골절이었고 전경골동맥과 후경골동맥의 손상을 수복하였으나 이를 뒤 다시 한랭감이 느껴져 탐색술이 시행되었고 그 결과 혈전에 의한 혈관판단이 보여 재관혈을 시도하였으나 결국 하지 괴사 및 패혈증 증세로 진행되어 절단술을 시행했다(Fig. 2A-C). 구획증후군은 1례가 발생하였다(Table 3).

고 찰

개방성 경골 골절 환자의 치료에 있어 가장 중요한 사항 중 하나는 창상을 충분히 세척하여 이물과 괴사

조직을 제거한 다음 가능한 주위의 연부조직을 이용하여 노출된 곳을 덮어 주어야 하는 것이고 적절한 항생제의 투여 및 균배양, 골절의 정복 및 고정을 시행하여야 한다. 개방성 골절의 안정된 고정을 연부조직에 더 이상의 손상을 예방하고 연부조직을 안정화시켜 주위 손상된 조직들에 혈류 공급을 개선시켜 감염의 위험을 예방하게 되며 또한 골절 치유에 긍정적인 방향으로 진행시키게 허용함으로써 전신상태 및 국부적인 신체적 기능을 향상시킬 수 있다.

개방창의 봉합은 감염 및 골괴사의 방지와 골절 유합에 필수적인데 최근엔 III형 골절뿐 아니라 II형 골절에서도 배액과, 초기 변연 절제술시 간과하였던 달 활력 조직의 제거 및 가스괴저의 위험을 줄이기 위하여 변연 절제술후 48~72시간 창상을 열어두고 관찰 하나 감염을 줄이기 위해서는 지연 일차 봉합술 또는 이식술등의 연부 조직 재건술로 5~10일 이내에 반드시 창상을 봉합하여야 한다고 한다. 저자들의 경우 연부 조직 시술은 지연 일차 봉합술이 9례, 부분층 식피술이 21례, 회전 피판술이 18례, 유리근 이식술이 5례 행해졌다(Table 4).

개방성 골절의 골절 치료방법으로는 골전인술,

cross-pin fixation, pin and plaster 방법, 압박 금속판 고정술, 외고정 기구를 사용한 고정술, 골수강내 고정술 등의 여러 가지 방법들이 있고, 이중 외고정 기구는 측방 외고정 기구와 링 외고정 기구로 나눌 수 있으며 링 외고정기구 중 대표적인 Ilizarov 외고정 기구는 보행시 미세 측방향운동을 허용하여 가골형성을 촉진시키고 수술시 연부조직손상이 적으며¹⁷⁾, 수술후에도 점진적으로 골연장과 각형성의 삼차원적인 조절이 가능하고 작은 골편에 대해서도 정복 및 유지가 가능하다¹⁸⁾. 또 수술 직후 관절의 조기운동과 체중부하가 가능하므로 혈액 순환을 촉진시켜 골유합기간을 25%정도 단축시킨다고 하며^{17,18)}, 연부조직의 이영양증도 막을 수 있다고 한다³⁾. 단점으로는 강선에 의한 근육과 건의 고정에 따른 움직임 방해, 장기간 고정에 따른 관절 구축, 신경혈관 손상 및 기구설치 및 사용의 복잡성, 어려운 연부조직 시술과 미용상 불편함 등이 지적되어 왔다^{2,8,17)}.

Ilizarov 외고정기구의 경우 압박과 신연을 이용한 골생성이 특징이고 제 II 또는 제 III형의 개방성 경골 골절에 폭넓게 사용되고 있으며 다른 외고정기구에 비해 골간단부 고정이 쉽고 좁은 공간에서도 골편 고정이 용이하며 작은 골편의 정복 및 고정이 가능하고¹⁸⁾, 관절내 골절이 동반된 경우라도 골절의 정복 및 유지가 가능하고, 골결손이 작은 경우에는 골이식술 없이 골절부 압박을 이용하여 골유합을 유도하고 골결손이 큰 경우 내부이동을 이용한 골연장술로 골유합과 하지부동고정을 동시에 이룰 수 있다.

골절의 유합은 골절부위의 해부학적인 정복, 견고한 내고정시 일어나는 일차적 유합과 미세 축운동이 가능하게 고정된 상태에서 가골형성에 의해 이루어지는 이차적 유합이 있고, 골절부 미세운동이 5mm 이하이어야 일차적 유합이 가능하다¹³⁾. 골유합에 영향을 줄 수 있는 요인으로서 Ellis⁹⁾는 수상시의 분쇄, 전위, 연부조직 손상 정도 외에 신연유무, 나이, 골절 부위 등을 열거했고 Rosenthal¹⁹⁾은 골절부위 연부조직의 손상도, 골단의 대치상태, 혈관상태, 골막의 연속성 여부, 국소 골유합조직의 형성능력 등이 골유합에 영향을 줄 수 있다고 했으며 Karlstrom과 Olerud¹¹⁾은 골절부의 간격이 좁고, 적절한 기계적인 안정성과 원활한 혈류공급이 필요하다고 하였다. 부위별 골유합의 차이는 일반적으로 원위부 골절 시 골유합 기간

이 길어진다고 알려져 왔으나, Ellis⁹⁾는 골절부위에 따른 골유합의 차이는 없다고 보고한 바 있다.

지연유합이나 불유합의 정의에 있어 Duwelius²⁰⁾는 지연유합은 유합이 수상 후 6개월 후에도 안 되는 경우, 불유합은 1년 이내에도 유합이 안되면서 통증이나 위축성 가골 또는 가관절증과 동반되는 경우라 했다. 지연유합과 불유합에 있어 저자들의 경우는 각각 5례(15%), 2례(6%)가 발생했고 근위 1/3이나 원위 1/3 부위의 골절이 20례로 59%를 차지하였는데 이 부위는 상대적으로 고정력이 약했고 원활한 혈액공급이 안되어 연부조직 문제가 많이 발생했으며 심한 분쇄, 분절 골절이 32례(94%)로 수차례의 골이식을 비롯한 이차 시술이 많이 필요했기 때문이었다.

부정유합은 경골골절의 가장 흔한 합병증 중의 하나로 Tucker 등¹⁸⁾이 19%의 부정유합의 발생을 보고한 바 있다. 저자들의 경우는 4례(12%)가 발생하였고 모두 각형성 변형이었고, 이는 고정시 정복의 불충분, 골연장술시의 바른 골편 정렬의 실패, Ilizarov 외고정기구를 장착하고 감염 피사된 골편을 절제할 때 수술 술기상의 실수, 기구 제거후 발생한 대반변형 등에 기인하였다.

개방창의 감염 및 골수염 발생률에서 Skirving과 Demmer¹⁵⁾는 개방성 골절일수록 정확하고 안정된 정복을 시행함으로써 감염률을 최소화했다고 하였는데, Ilizarov 외고정술 후의 감염은 대개 핀 주위 감염으로써 Holbrook 등⁹⁾은 35% 감염률을 보고하였다. 저자들도 핀 삽입부 감염이 10례(29%)로 월등히 많았고, 이는 주로 관절운동에 따른 움직임이 많은 근위 1/3, 원위 1/3 부위에서 발생했다. 대개는 고식적인 방법으로 치유가 되었는데 강선에 의한 피부자극을 줄이기 위해 강선 삽입부에 소독된 고무마개 등을 피부에 밀착시켜 대어주고 주기적인 핀 삽입부 드레싱을 함으로써 발생을 많이 줄일 수 있었다. 2례에서는 이러한 방법으로는 감염이 조절되지 않아 문제의 강선을 뽑고 다른 위치에 재삽입하였다. 표재성 감염은 5례(15%)에서 보였고 4례에서는 감수성 있는 항생제를 사용하고, 드레싱을 하면서 치유되었으나 1례는 심부감염으로 악화되었다. 심부감염은 3례(9%)에서 합병되어 주기적인 세척술, 변연 절제술 및 소파술을 감수성 항생제 정맥주사와 병용함으로써 1례는 완전 치유 되었으나 2례(6%)는 골수염으로 발전하였다.

관절 운동장애의 일반적인 발생원인으로는 골절 시 골절부에서 가까운 관절 주위 근육 또는 건의 손상이 심할 가능성이 크다는 것과 허혈성 구축, 관절면 부조화 등이며 때로는 관절운동을 열심히 하지 않아 관절구축이 올 수도 있다. Ilizarov 외고정기구를 사용할 때는 강선이 근육이나 건을 관통함으로써 활주를 방해하여 관절의 강직을 초래할 수 있다³⁴⁾. Tucker 등¹⁸⁾도 Ilizarov 외고정기구를 사용한 환자들에서 족관절의 평균운동범위가 건축의 75%로 감소함을 보여주고, Chan 등⁴⁾도 경골의 개방성 골절시 외고정기구를 사용후 족관절 운동장애가 60%에서 발생함을 보고했다.

결 론

성인에서 발생한 심한 개방성 경골 간부 골절의 Ilizarov 외고정술에 의한 성공적인 치료를 위해서는 무엇보다도 적합한 적응증을 잘 잡는 것이 중요하다. 그리고 심하게 분쇄 또는 분절된 불안정 골절에서 오기 쉬운 합병증인 지연유합, 감염, 불유합 등의 합병증을 막고 골유합을 촉진하기 위해서는 적극적인 연부 조직 재건술과 필요한 경우 적절한 조기 예방적 골이식술이 부가됨이 바람직하고, 비록 경미한 합병증으로 여기지지만 족관절 강직과 편사압부 감염은 Ilizarov 외고정 기구 착용시 가장 많은 합병증이므로 이를 예방하기 위한 세심한 배려가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. ASAMI group : Operative principles of Ilizarov. 1st Ed. pp. 91-124, Williams and Wilkins 1991.
2. Bagnoli G : *The Ilizarov method*. 1st Ed. pp 1-2 Philadelphia, B.C. Decker Inc. 1990.
3. Behrens F, Comfort TH, Searls K and Denis F : Unilateral external fixation for severe open tibial fractures. Preliminary report of a prospective study. *Clin Orthop*, 178:111-120, 1983.
4. Chan KM, Leung YK and Cheng CY, et al : The management of type III open tibial fractures. *Injury*, 16:157-165, 1984.
5. Duwelius PJ, Schmidt AH and Green Jm : Nonreamed interlocked intramedullary tibial nailing. *Clin Orthop*, 315:104-113, 1995.
6. Ellis H : The speed of healing after fractures of the tibial shaft. *J Bone and Joint Surg*, 40-B:42-46, 1958.
7. Fleming B, Paley D and Kristiansen T : A biomechanical analysis of the Ilizarov external fixator. *Clin Orthop*, 241:95-105, 1989.
8. Gustilo RB, Merkow RL and Templeman D : Current concepts review: The management of open fractures. *J Bone and Joint Surg*, 72-A:299-304, 1990.
9. Holbrook JL, Swionkowski MF and Sanders R : Treatment of open fractures of the tibial shaft: Ender nailing versus external fixation. A randomized, prospective comparison. *J Bone and Joint Surg*, 71-A:1231-1238, 1989.
10. Johnson WD and Fixcher DA : Skeletal stabilization with a multiplane external fixation device. *Clin Orthop*, 180:34-43, 1983.
11. Karlstrom G and Olerud S : Fractures of the tibial shaft: A critical evaluation of treatment alternatives. *Clin Orthop*, 105:82-115, 1974.
12. Papineau LJ, Alfageme A, Dalcourt JP and Pilon L : Chronic osteomyelitis of long bone-resection and bone grafting with delayed skin closure. *J Bone and Joint Surg*, 58-B:138, 1976.
13. Perren SM : Physical and biological aspect of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clin Orthop*, 138:175-196, 1979.
14. Rosenthal RE and MacPhail JA : Nonunion in open tibial fracture. *J Bone and Joint Surg*, 59-A:244-248, 1977.
15. Skirving AP and Demmer P : Conservative treatment of the tibia. A review of 500 cases. *J Bone and Joint Surg*, 59-B:256, 1977.
16. Song HR, Cho SH, Lee CS, Koo KH, Park HB, Jung YC, Hwang SC : Treatment of Type III Open Fracture with the Orthofix and Ilizarov Fixator. *J of Korean Orthop Surgery*, 28,761-773, 1993.

17. Tornetta P, Bergman M, Watnik N, Berkowitz G and Steuer J : Treatment of grade III B open tibial fractures: A prospective randomized comparison of external fixation and non-reamed locked nailing. *J Bone and Joint Surg*, 75-B:13-19, 1993.
18. Tucker HL, Kendra JC and Kinnebrew TE : Management of unstable open and closed tibial fractures using the Ilizarov method. *Clin Orthop*, 280:125-135, 1991.