

경골의 골 결손 치료에 대한 내측 골 이동술

오창욱 · 민우기 · 경희수 · 박일형 · 전인호 · 박병철 · 김풍택 · 손영현

경북대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 일리자로프 방법을 이용하여 경골의 골 결손에 대하여 내측 골 이동술을 실시하고, 임상적, 기능적 결과를 후향적으로 평가 하였다.
대상 및 방법: 경골의 외상성 (16례) 또는 골수염 (23례) 후에 발생한 골 결손이 있는 39명의 대하여 일리자로프 내측 골 이동술을 실시하였으며, 수술시의 평균 나이는 33.8세 (범위, 13~66세)이었고, 평균 추시는 3.5년 (범위, 1.6년~8년)이었다. 이동된 골의 거리는 평균 6.3 cm (범위, 2.7~20 cm)이었으며, 외고정 장치는 술 후 평균 345일 (범위, 120~700일)에 제거하였고, 외고정 장치의 잠착율은 평균 60.3일/cm (범위, 13.1~121.3일/cm)이었다.

결 과: 대부분의 환자에서 신연부와 재결합부의 1차적 골 유합을 얻을 수 있었으나, 2환자에서는 재결합부의 골 유합의 실패가 있었다. 기능적 결과에서 우수 6례, 양호 19례, 보통 10례, 불량 4례가 있었고, 20세 미만의 군의 환자들이 더 좋은 결과를 나타냈다. 합병증은 73례가 발생하였으며 (발생율, 1.87례/명), 그 중 치유되지 못한 후유증은 20명에서 27례가 발생하였고, 동측 하지에 동반된 손상이 많을수록 그 후유증의 발생빈도는 증가 하였다.

결 론: 내측 골 이동술은 경골의 큰 골 결손을 해결할 수 있는 방법이나, 합병증의 발생이 적지 않으며, 이는 동반된 동측 하지의 손상과 중요한 관계가 있는 것으로 생각한다.

색인 단어: 경골, 골 결손, 일리자로프, 내측 골 이동술

Internal Bone Transport in the Management of Tibial Bone Defects

Chang-Wug Oh, M.D., Woo-Kie Min, M.D., Hee-Soo Kyung, M.D., Il-Hyung Park, M.D., In-Ho Jeon, M.D.,
Byung-Chul Park, M.D., Poong-Taek Kim, M.D., Young-Heon Sohn, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Kyungpook National University Daegu, Korea

Purpose: To retrospectively review the results of internal bone transport in the management of tibial bone defect using ilizarov fixator.

Materials and Methods: We treated 39 cases of tibial bone defect (16 of traumatic bone loss, 23 after treatment of osteomyelitis). The mean age of index procedure was 33.8 years (range, 13~66 years), and all of them had follow-up study for a mean of 3.5 years (range, 1.6~8 years). The mean transported amount was 6.3 cm (range, 2.7~20 cm), and the external fixator was removed after 345 days (range, 120~700 days). The mean external fixation index was 60.3 days/cm (range, 13.1~121.3 days/cm).

Results: Primary union of distraction and docking site was achieved in all, but two patients had failure in union of docking site. Functional results showed 6 excellent, 19 good, 10 fair, and 4 fair. The patients under age 20 showed better functional outcomes than the others. Among 73 complications (incidence, 1.87 cases/ patient), 27 of major complications with residual sequelae occurred in 20 patients. The residual sequelae were more common in the patients who had the concomitant injuries in the same leg.

Conclusion: Internal bone transport can solve the large amount of tibial bone defect. However, the complications are not uncommon, which might be related to the concomitant injuries in the same leg.

Key Words: Tibia, Bone defect, Ilizarov, Internal bone transport

통신저자 : 오 창 욱

대구광역시 중구 삼덕 2가 50
경북대학교 병원 정형외과학교실
Tel : 053-420-5630 · Fax : 053-422-6605
E-mail : cwoh@knu.ac.kr

Address reprint requests to : Chang-Wug Oh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kyungpook National University
Hospital 50, 2Ga, Samduk Dong, Chung-gu, Daegu, 700-721, Korea.
Tel : +82-53-420-5630 · Fax : +82-53-422-6605
E-mail : cwoh@knu.ac.kr

서 론

심한 개방성 골절 또는 골수염의 치료 후에 발생하는 경골의 분절성 골 결손은 아직까지도 쉽게 해결하기 힘든 문제로서, 일반적으로 자가 골 이식^{14,19)}, 개방성 골 이식⁹⁾, 후 외측 도달법을 이용한 골 이식⁶⁾, 동종골 이식¹³⁾, 그리고 비골 전이술^{24,25)} 등이 이용되어 왔다. 하지만 이들 방법은 수 회 이상의 수술이 필요하고, 오랫동안 체중부하가 불가능하며, 또한 골의 재건 정도에 제한이 따르게 된다. 이에 비하여 최근 많이 사용되고 있는 일리자로프 외고정 장치를 이용한 골 및 연부조직의 재건술은 같은 직경의 골을 재건할 수 있고, 변형을 동시에 교정하며, 공여부의 위험성을 줄이고, 또한 연부조직의 피복을 위한 수술을 최소한으로 줄일 수 있는 장점이 있다^{1-3,11,16-18)}. 하지만, 이 역시 오랜 기간 동안의 외고정 장착에 따른 환자의 협조가 요구되고, 많은 수의 합병증이 따르는 것이 현실이다. 본 연구는 경골에서의 골 결손에 대하여 일리자로프 외고정 장치를 이용한 내측 골 이동술을 실시한 환자들에서 그 기능적 결과와 합병증, 그리고 이에 미치는 영향인자들을 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1996년 1월부터 2003년 1월까지 일리자로프 원형 외고정 장치를 이용한 경골의 내측 골 이동술로 치료받은 환자 39명을 대상으로 하였으며, 최소 1년 이상 추시 관찰하였다 (평균 추시기간; 3.5년, 범위; 1.5년~8년). 남자가 34명 여자 5명이었으며, 수술시의 평균 나이는 33.8세 (범위, 13~66세)이었다. 수술의 적응증은 최소 2.5 cm 이상의 경골 골 결손이 있는 환자를 대상으로 하였으며, 수술의 원인으로는 골수염 치료 발생한 골 결손이 23례, 개방성 골절 후에 발생한 골 결손이 16례이었다. 손상 원인으로는 교통사고가 30례, 낙상이 9례이었다. 20명에서 슬관절 또는 족관절 주위의 골절을 포함한 동측 하지의 동반 손상이 있었으며, 경골의 족관절 주위 또는 관절내 골절이 10례, 경골의 슬관절 주위 골절 또는 관절내 골절이 3례, 비골 신경 손상 3례, 대퇴골의 슬관절내 골절 2례, 경골 신경 손상 1례, 대퇴골 골절 1례 등이었다.

2. 수술 방법

모든 환자에서 일리자로프 원형 외고정 장치를 이용하였으며, 근위부 및 원위부의 골편에 각각 2개의 환 (ring)을 고정하는 것을 원칙으로 하였으며, 이동될 골편에는 1개의 환에 하프-핀과 강선이 각각 1개씩 고정하는 것을 원칙으로 하였다. 경골 골절부가 족관절에 매우 가까운 원위부인 경우,

족부에 고정 판을 추가 하였다. 연장을 위한 절골술의 위치는 근위부 29례, 중위부 2례, 원위부 8례이었으며, 골 이동술의 방향은 순행 (antegrade)이 31례, 역행 (retrograde)이 8례였다. 골의 소실과 동시에 연부조직의 손상이 많은 10명의 환자 중에서 골 연장 술 전에 국소적 또는 원위 피판술이 시행된 경우가 6례 있었으며, 4례에서는 시행치 않고 골 연장술을 이용한 연부조직의 재건을 하였으며, 29명의 환자에서는 연부조직의 재건술이 필요치 않았다.



Fig. 1. (A) The patient got a Grade III-c open tibial fracture with a severe soft tissue injury. (B) After the intramedullary nailing, a deep infection occurred. The bone loss after the debridement was filled with antibiotic-beads. (C) The distant flap with external fixator was done for soft tissue coverage.

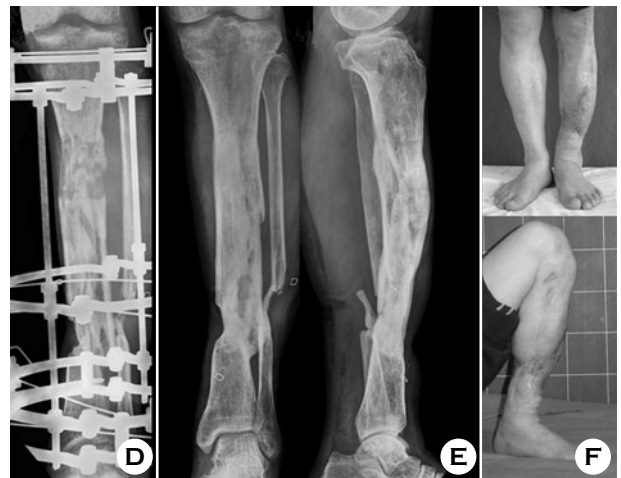


Fig. 2. (D) Internal bone transport was done with Ilizarov fixator. (E & F) At three years after operation, the tibia was well reconstructed with an excellent outcome of the function.

3. 술 후 관리 및 추시

술 후 7~10일 경부터 매 6시간마다 0.25 mm씩 (신연 속도; 1 mm/day) 이동될 골편을 신연하였다. 가능한 한 조기에 슬관절 및 족관절 운동과 체중부하를 시작하였으며, 초기에는 목발을 이용하고 적응 후 자가 보행하도록 하였다. 신연기 동안 가골 형성 평가를 위하여 매 2~4주 간격으로 전후면, 측면, 양측 사면 방사선 사진을 촬영하였고, 가골 형성이 적절치 않을 경우 관독자가 신연을 일시 정지 또는 감속시키기도 하였다. 이동된 골이 원위 또는 근위 골편에 도달하면, 재결합한 부위의 골 이식 실시를 원칙적으로 하였는데, 골 이식은 33례에서 시행되었으며, 피부 및 연부조직의 문제 또는 환자의 비 협조성 등으로 6례에서는 시행되지 않았다. 재결합 부위의 골 유합과 신연된 골의 성숙 (방사선 소견상

3개의 피질골 선이 확인된 경우)이 확인되면, 외고정 장치를 제거하였다.

외고정 장치율 (external fixation index)은 외고정 장치를 장착한 후 제거할 때까지의 시간을 연장된 골의 길이 (cm)으로 나누어 계산하였다. 임상적 결과는 동통, 보행, 관절 강직 또는 변형, 관절의 운동제한, 그리고 일상생활 정도를 고려한 Mekhail의 평가법¹⁵⁾을 따라 우수, 양호, 보통, 불량으로 나누었으며, 합병증은 Paley¹⁶⁾의 분류에 따라 구분하고, 회복되지 않은 후유증 (sequelae)는 주요 합병증으로 구분하였다.

결 과

39명의 환자 중 37명에서 신연 및 골 재결합부의 성공적인 유합을 얻을 수 있었으며, 2명의 환자에서는 재결합부의

Table 1. Clinical outcomes, according to Mekhail's criteria

Clinical outcomes	Evaluation Criteria	No. of Patients
Excellent	Obtained bony union, LLD <1 cm, joint contracture <5 degrees, walking without support or orthosis, no nerve injury, no or mild intermittent pain, return to original work or school, no modification of ADL	6
Good	Bony union, LLD from 1 to 2.5 cm, contracture deformity over 5 degrees, walking without support or using a cane/orthosis, no motor deficit, symptomatic sensory deficit, mild or moderate intermittent pain, return to original or modified work or school, ADL with or without modification	19
Fair	Obtained bony union, LLD from 2.5 to 4 cm, walking with crutches/walker, partial motor deficit, moderate or intermittent severe pain, ability to do modified work, ADL with modification	10
Poor	Nonunion, LLD over 4 cm, complete motor deficit involving the sciatic or posterior tibial nerve, inability to become a community walker, severe pain, inability to work or go to school, inability to perform ADL, persistent deep infection, amputation	4

LLD; leg length discrepancy, ADL; activity of daily living

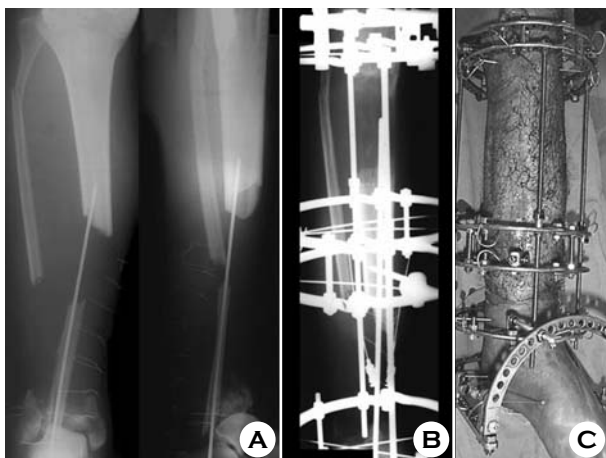


Fig. 3. (A) The patient showed a large tibial bone loss with the intraarticular fracture of ankle. (B & C) Internal bone transport was done by the Ilizarov fixator with the foot frame.



Fig. 4. (D) At two years after the removal of fixator, the transported segment was well reconstructed. (E) But the ankle showed the narrowing of the joint space. (F) The patient showed a good outcome with a moderate limitation of ankle motion.

Table 2. Complications encountered, according to Paley's classification

Kinds of complications	No. complications (no. patients)	Complication rate (%)
Problems	34 cases (30 patients)	46.6%
Pin site infection		24
Delayed consolidation of distracted bone		7
Transient LOM in ankle joint		3
Obstacles (treatment solutions)	12 cases (11 patients)	16.4%
Skin invagination in docking site (re-closure or skin graft)		5
Malalignment, or mal-tracking of transported segment (frame correction)		3
Deep pin site infection (pin change)		3
Reinfection (irrigation and/or antibiotics)		1
Sequelae (major, but unsolved complication)	27 cases (20 patients)	37.0%
Ankle LOM or contracture over 20 degrees		9
Chronic osteomyelitis		5
Mal-alignment		3
Knee contracture over 5 degrees		3
Refracture of docking site		3
Nonunion of docking site		2
Collapse of distracted bone		1
LLD over 2.5 cm		1
All complications	73 cases	100%

LOM; limitation of motion, LLD; leg length discrepancy

골 유합을 얻을 수 없었다. 임상 결과 및 합병증에 대한 결과는 SPSS를 이용하여 통계 처리하였고 $p<0.05$ 이면 유의한 것으로 하였다.

연장된 경골의 길이는 평균 6.3 cm (범위, 2.7~20 cm)이었으며, 외고정 장치는 술 후 평균 345일 (범위, 120~700일)에 제거하였고, 외고정 장치의 장착율은 평균 60.3일/cm (범위, 13.1~121.3일/cm)이었다. 외고정 장치의 장착율에 대한 영향인자 분석에서 이동된 골의 길이가 10 cm이 넘는 경우가 외고정 장치 장착율이 낮았으며 (Pearson χ^2 test, $p=0.006$), 그 외의 절골술의 위치, 골 소실의 원인, 그리고 피관술 등은 통계학적 의의가 없었다.

임상적 결과에서 우수 6례 (Fig. 1, 2), 양호 19례, 보통 10례, 불량 4례가 있었다 (Table 1). 보통 이상의 35명의 환자는 다소의 제한이 있거나 또는 없이 일상생활로의 복귀가 가능하였으나 (90%), 4명의 불량의 환자들은 계속되는 골수염과 심한 운동제한으로 일상생활의 복귀가 불가능하였으며, 이는 모두 20세 이상의 환자들이었다.

합병증은 73례가 발생하였으며 (Table 2), 환자당 합병증

발생율은 1.87례/명이었다. 이는 Paley의 분류¹⁶⁾에 따라 구분하면, 수술적 치료가 없이 치유가 가능하였던 문제 (problem)가 34례 (30명)가 발생하였고, 수술이 필요한 방해 (obstacle)가 12례 (11명), 치유되지 못한 후유증 (sequelae), 또는 진정한 합병증 (true complication)은 27례 (20명)가 발생하였다. 후유증은 족 관절의 강직이 9례로 가장 많았고 (Fig. 3, 4), 골수염의 재발 5례, 경골의 기형 3례 (회전 변형 1례, 각 형성 2례), 슬관절 강직 3례, 재결합부의 골절 3례, 재결합부의 불유합 2례, 신연 가골의 함몰 1례, 그리고 2.5 cm 이상의 하지 부동 1례 등이었다. 이중 환자의 비 협조성으로 조기에 외고정 장치를 제거하여 발생한 합병증은 3례 (재결합부 골절 1례 (Fig. 5, 6), 재결합부 불유합 1례, 하지부동 1례)가 있었다. 잔존하는 후유증에 대한 원인 분석에서, 동측 하지에 동반된 손상이 있는 환자 (14/20, 70%)에서 그 발생율이 그렇지 않은 환자 (6/19, 31.5%)에서보다 의미있게 높았으며 (Pearson χ^2 test, $p=0.006$), 원인別に 따른 분석에서는 골 소실이 있는 골절 군 (11/16, 68.2%)에서 골수염 군 (9/23, 39.1%)보다 후유증이 발생한 환자가 많았다 (Pearson χ^2 test, $p=0.06$).

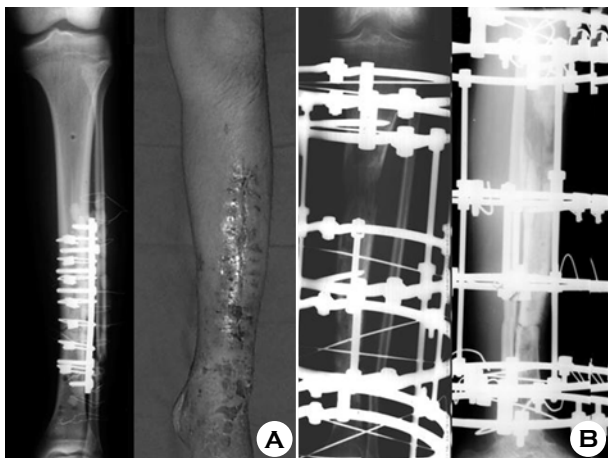


Fig. 5. (A) The patient visited with a chronic osteomyelitis after open reduction of a tibial fracture. (B) After the resection of infected segment, the proximal segment was transported.

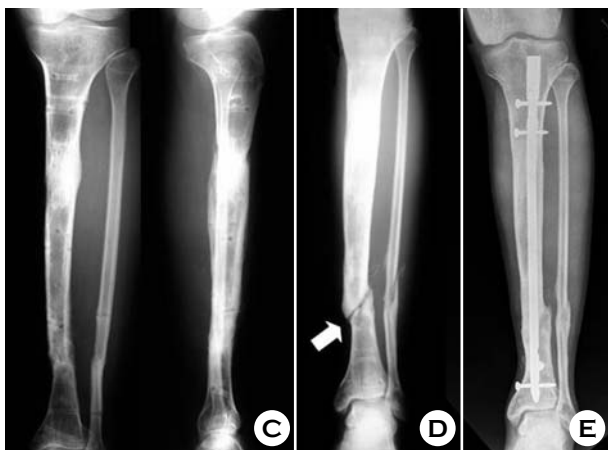


Fig. 6. (C) With the bone graft on the docking site, the bone union occurred. (D) At two years of follow-up, the radiograph showed the fracture (white arrow) at the previous docking site. (E) After an intramedullary nailing, the tibia was healed.

골 이동의 길이와 방향, 피판술의 유무, 재 결합부의 골 이식 유무, 골 소실의 원인 등은 기능적 결과와 후유증의 발생에 특이한 상관관계를 나타내지 않았다.

고 찰

개방성 골절 등의 심한 고 에너지 외상¹⁰⁾은 경골에 연부 조직과 골의 결손을 가져오게 되며, 이에 수회 이상의 수술적 치료가 골 유합과 연부조직의 치유에 필요한 것이 보통이다. 또한, 다수에서 골수염의 발병할 수 있으며²²⁾, 골의 변형,

부정정렬, 골의 단축은 흔히 따르는 합병증이고, 불행한 경우 절단에 이를 수도 있다. 본 연구에서도 모든 환자가 외상에 의한 경골의 골절 후에 발생한 직접적인 골 및 연부조직의 결손 또는 합병된 외상성 골수염의 치료가 적응증에 해당하였다.

경골의 골 결손에 대한 성공적인 치료가 결과에 미치는 가장 중요한 요소가 될 수 있는데, 골 이식술¹⁴⁾이나 생비골 이식술²⁵⁾ 등의 다른 방법에 비하여 내측 골 이동술은 골 결손의 해결은 물론이며, 연부조직의 결손, 감염, 변형, 그리고 하지부동까지 동시에 치료할 수 있는 방법으로 알려져 있다^{1~4,8,9,11,17,18,20,23,24)}. 본 연구에서 대부분의 환자에서 성공적인 치유 후에 일상생활로의 복귀가 가능한 결과를 보였으며, 또한 우수 또는 양호의 결과를 가진 만족스러운 결과의 비율은 약 64% (25명/39명)로서 Dendrinos 등³⁾의 결과와 비슷하였다. 기능적 또는 임상적 결과에 미치는 영향인자에 대한 고려를 할 때, 나이가 많은 20세 이상의 경우 불량한 결과가 많았는데, 이는 신연골의 형성 능력 및 외고정 장치의 장착율, 연부조직의 재생능력 등이 관여할 것으로 생각된다⁷⁾.

본 연구의 외고정 장치율과 목표 이동거리 등은 같은 방법으로 치료한 타 연구⁴⁾와 비교하였을 때 크게 차이가 나지 않았으나, 내측 골 이동술은 골 이식 등으로 치료한 다른 보고와는 달리 합병증의 빈도가 크게 주는 것이 큰 장점으로 알려져 있다³⁾. 하지만, 내측 골 이동술은 여전히 다수의 합병증이 따르는 것이 문제점으로 알려져 있는데, 저자들의 경우 환자당 1.87례의 합병증이 발생하여, 타 연구와 비슷한 결과를 보였다¹⁵⁾. 특히 치유되지 않고 남은 후유증의 경우 환자의 일상생활에 지장을 주는데, 저자들의 연구에서 동측 하지에 동반된 손상이 있을 경우 합병증의 발생율이 높게 나타나, 골 이동술이 필요한 하지에 다른 손상이 없다면 더 좋은 기능적인 회복을 기대할 수 있겠으며, 이는 Mekhail 등¹⁵⁾도 환자의 만족도와 기능적인 결과에서 동반 손상이 많은 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 원인적인 측면을 고려할 때도 직접적인 외상에 의한 골 소실 군이 골수염에 의한 골 소실 군에 비하여 후유증의 발생이 많았었는데, 이 역시 외상성 골 소실 환자에서 더 많은 수의 동반 하지 손상이 많았음에 추정할 수 있겠다.

일반적인 단순 골 연장술과는 달리 내측 골 이동술의 경우 재결합부의 골 유합이 신연부의 골형성과 함께 결과에 미치는 중요한 영향인자 인데, 본 연구에서도 재결합부의 재골절 (3례) 또는 유합 실패 (2례) 등이 주요 합병증의 상당부분을 차지 하였다. Paley 등¹⁸⁾은 비관혈적인 방법으로 재결합부를 압박하였을 때 지연 유합이 가장 많은 합병증이라고 보고하고 적극적인 골 이식술을 권유하였는데, 저자들도 대부분 환자에서 골 이식술을 시행하여 골 유합을 얻을 수 있었다. 또한 이동한 골편이 재 결합부에서 만날 때 일어나는 피부의

함몰 역시 흔한 연부조직 합병증인데¹⁸⁾, 5례에서 발생한 바 있다.

결 론

경골의 골 결손에 대한 치료에서 일리자로프 외고정기기를 이용한 내측 골 이동술은 크기가 큰 골의 결손을 성공적으로 해결하고 환자의 사회적 복귀를 유도할 수 있는 방법이나, 합병증의 발생이 적지 않으며, 환자의 기능적 결과는 동반된 동측 하지의 손상과 중요한 관계가 있는 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) **Aronson J, Johnson E and Harp J:** Local bone transportation for treatment of intercalary defects by the Ilizarov technique: biomechanical and clinical considerations. *Clin Orthop*, **243**: 71-79, 1989.
- 2) **Cattaneo P, Catagni M and Johnson E:** The treatment of infected nonunions and segmental defects of the tibia by the methods of Ilizarov. *Clin Orthop*, **280**: 143-152, 1992.
- 3) **Cierny G III and Zorn K:** Segmental tibial defects: comparing conventional and Ilizarov methodologies. *Clin Orthop*, **301**: 118-123, 1994.
- 4) **Dagher F and Roukoz S:** Compound tibial fractures with bone loss treated by the Ilizarov technique. *J Bone Joint Surg Br*, **43**: 316-321, 1991.
- 5) **Dendrinos GK, Kontos S and Lyritis E:** Use of the Ilizarov technique for treatment of non-union of the tibia associated with infection. *J Bone Joint Surg Am*, **77**: 835-846, 1995.
- 6) **Esterhai JL Jr, Sennett B, Gelb H, et al:** Treatment of chronic osteomyelitis complicating nonunion and segmental defects of the tibia with open cancellous bone graft, posterolateral bone graft, and soft-tissue transfer. *J Trauma*, **30**: 49-54, 1990.
- 7) **Fischgrund J, Paley D and Suter C:** Variables affecting time to bone healing during limb lengthening. *Clin Orthop*, **301**: 31-37, 1994.
- 8) **Green SA:** Skeletal defects. a comparison of bone grafting and bone transport for segmental skeletal defects. *Clin Orthop*, **301**: 111-117, 1994.
- 9) **Green SA and Dlabal TA:** The open bone graft for septic non-union. *Clin Orthop*, **180**: 117-124, 1983.
- 10) **Gustilo RB and Anderson JT:** Prevention of infection in the treatment of 1025 open fractures of long bones: retrospective and prospective analysis. *J Bone Joint Surg*, **58-A**: 453-458, 1976.
- 11) **Ilizarov GA:** Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop*, **250**: 8-26, 1990.
- 12) **Kim YW, Kwon CS, Jung BH and Shin KS:** The treatment of infected nonunions of the tibia by the methods of Ilizarov. *J Korean Fracture Soc*, **8**: 347-353, 1995.
- 13) **Mankin HJ, Doppelt S and Tonford:** Clinical experience with allograft implantation: the first ten years. *Clin Orthop*, **174**: 69-86, 1983.
- 14) **Marsh JL, Prokuski and Biermann JS:** Chronic infected tibial nonunions with bone loss: conventional techniques versus bone transport. *Clin Orthop*, **301**: 139-146, 1994.
- 15) **Mekhal AO, Abraham E, Gruber B and Gonzalez M:** Bone transport in the management of posttraumatic bone defects in the lower extremity. *J Trauma*, **56(2)**: 368-378, 2004.
- 16) **Paley D:** Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop*, **250**: 81-104, 1990.
- 17) **Paley D, Catagni MA and Villa A:** Ilizarov treatment of tibial non-unions with bone loss. *Clin Orthop*, **241**: 146-165, 1989.
- 18) **Paley D and Maar DC:** Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J Orthop Trauma*, **14**: 76-85, 2000.
- 19) **Park BC, Park IH, Ihn JC, Kyung HS, Oh CW and Cho JH:** Treatment of infected nonunion with bone defect with Ilizarov lengthening apparatus. *J Korean Fracture Soc*, **11**: 91-99, 1998.
- 20) **Polyzois D, Papachristou G, Kotsiopoulos K and Plessas S:** Treatment of tibial and femoral bone loss by distraction osteogenesis: experience in 28 infected and 14 clean cases. *Acta Orthop Scand Suppl*, **275**: 84-88, 1997.
- 21) **Reckling FW and Waters CH:** Treatment of non-unions of fractures of the tibial diaphysis by posterolateral cortical cancellous bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am*, **62**: 936-941, 1980.
- 22) **Ring D, Jupiter JB, Gan BS, Israeli R and Yaremchuk MJ:** Infected nonunion of the tibia. *Clin Orthop*, **369**: 302-311, 1999.
- 23) **Song KS and Jeon SH:** Treatment of Tibial Fractures using the Ilizarov External Fixator. *J Korean Orthop Assoc*, **33**: 1437-2879, 1998.
- 24) **Song HR, Cho SH, Koo KH, et al:** Treatment of Tibial Bone Defect by Internal Bone Transport Using Ilizarov Method. *J Korean Orthop Assoc*, **31**: 1071-1079, 1996.

25) **Song HR, Kale A, Park HB, et al:** Comparison of internal bone transport and vascularized fibular grafting for femoral bone defects. *J Orthop Trauma*, **17**: 203-211, 2003.

26) **Weiland AJ:** Current concepts review. Vascularized free bone transplants. *J Bone Joint Surg Am*, **63**: 166-169, 1981.
