

## Ilizarov술식을 이용한 장골 불유합의 치료

원광대학교 의과대학 정형외과학교실

한홍준\* · 심대무 · 차상훈

### — Abstract —

### The Ilizarov Technique in the Treatment of Nonunions of Long Bone

Hong-Jun Han, M.D.\*, Dae-Moo Shim, M.D., Sang-Hoon Cha, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine  
WonKwang University, I-Ri City, Korea*

Orthopaedic surgeons have employed many different techniques for the management of nonunion of long bone. But, nonunion of long bone continued to challenge orthopaedic surgeons.

We used Ilizarov apparatus for the chronic infected nonunions or nonunions with large bone defect to achieve union, to correct deformity, to eradicate infection and to eliminate bone defect. Twenty-eight patients were treated for nonunions of long bone with Ilizarov apparatus by the same surgeon between 1990 March and 1992 August.

Followings are the summary of the results.

1. 27 patients achieved solid bony union. The average duration of application of apparatus was 10.12 months.
2. 8 patients with less than 2cm shortening were treated by monofocal compression osteosynthesis, with an average healing time of 6.3 months. None of these 8 cases had infection.
3. 14 patients with infection and less than 2cm bone defect were also treated by monofocal compression osteosynthesis, with an average healing time of 8.7 months.
4. 6 patients with more than 2cm shortening or bone defect were treated by bone lengthening or bone transport. The average length gain was 5.6cm.
5. We have not any significant complications with Ilizarov method. The most common complication was a superficial pin tract infection in 12 patients(43%).
6. If the bony defect was not large, it was thought to be better to change B, or B, type nonunion to B, type to improve bony contact and healing.

We find ourselves capable of solving increasingly more difficult problems with a level of success

---

\* 통신저자 : 한 홍 준  
전북 이리시 신봉동 344-2  
원광대학교 의과대학 정형외과학교실

rarely, if ever, achieved with other conventional method.

**Key Words** : Nonunion, Osteosynthesis, Ilizarov.

## 서 론

Boyd등<sup>1</sup>이 불유합을 치료하는데 합리적인 이론적 근거를 갖지 못하고 일차적으로 경험에 의존하고 있다고 말한 것처럼, 불유합을 잘 치료한다는 것은 매우 어려운 일이라 하겠다.

불유합의 치료법으로는 여러가지 방법의 골이식술과 전기 자극법 및 미세외과적 수기를 이용한 골밀연부조직의 전이술등이 사용되어 왔으나 각각의 방법들은 적용중에 제한이 있거나 수술수기상에 어려움이 있어 널리 시행할 수 없는 경우가 많았다.

1980년대에 들어서 소련의 Ilizarov에 의한 장력긴장효과(tension stress effect)가 서구에 알려져 정형외과 의사들에게 불유합 치료의 새로운 방법을 제시하게 되었는데, 이 방법은 골유합뿐 아니라 변형, 골결손, 골단축, 감염, 연부조직의 위축등 불유합에 동반된 여러가지 합병증등을 동시에 치료할 수 있어서 점차적으로 널리 쓰이고 있다.

저자들은 1990년 3월부터 1992년 8월까지 골이식등 여러차례의 수술로서도 골유합을 얻지 못한 경우나 감염성 불유합, 골단축이나 골결손을 동반한 불유합 및 불유합의 위치가 관절면에 매우 근접해 있어 다른 고정기구를 사용하기가 곤란한 경우들에 대하여 Ilizarov 외고정기구를 사용하여 치료하여 2년 이상 추시가 가능하였던 28례의 불유합에 대하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 대상골, 연령 및 성별

총 28례중 경골 21례, 대퇴골 4례, 상완골 2례, 전완골 1례였으며, 남자가 24례 여자가 4례였고, 연령은 13세부터 73세까지로 평균 36세였다.

### 2. 골절부위

대퇴골 4례중 1례는 중위 1/3, 2례는 하위1/3에

위치하였고 1례는 대퇴골 과상부에서부터 중위1/3까지 약 12cm정도의 골결손을 보였다.

경골 21례중 13례는 하위1/3, 6례는 중위1/3, 2례는 상위1/3에 불유합이나 골결손을 보였으며 상완골 2례와 전완골 1례는 모두 하위1/3에 위치하였다.

### 3. 수상 당시의 치료 및 Ilizarov술식을 시행하기 전 처치

수상 당시 개방성 골절에 대해서는 주로 외고정술을, 폐쇄성 골절에 대해서는 관혈적 정복 및 내고정술을 시행하였고(Table 1), 동반된 연부조직의 결손에 대해서는 유리피판술 6례, 근거리 피판술 3례, 피부 이식술 8례를 시행하였으며, 10명의 환자에서 골 유합을 위하여 1회이상(1~4회)의 골 이식술을 시행하였다.

25례 환자에서 연부조직 및 골에 대해 평균 2.5(0~6회)의 수술을 시행하였고 수상후 Ilizarov술식을 시행하기까지 기간은 평균 12.5개월(2개월~43개월, 수상당시 심한 골결손을 보여 첫 치료로써 Ilizarov술식을 시행했던 1명의 환자는 제외)이었다.

### 4. 감염, 변형 및 골결손

총 28례중 20례에서 감염성 불유합이었고 이중 5례에서는 Ilizarov술식을 시행했던 당시 심한 농배

**Table 1. Initial Treatment**

|                 |           |    |
|-----------------|-----------|----|
| Open fracture   | OR/EF :   | 12 |
|                 | OR/IF :   | 4  |
|                 | Cast :    | 1  |
|                 | Ilizarv : | 1  |
| Closed fracture | OR/IF :   | 5  |
|                 | Cast :    | 2  |
|                 | CR/EF :   | 2  |
|                 | OR/EF :   | 1  |
|                 |           |    |

OR : Open reduction

CR : Closed reduction

IF : Internal fixation

EF : External fixation

**Table 2. Infection and Angular Deformity**

|            |             | 술전 | 술후 |
|------------|-------------|----|----|
| Infection  | Preexisting | 15 | 0  |
|            | Active      | 5  | 1  |
| Angulation | 0 도 -- 10도  | 5  | 6  |
|            | 11도 -- 20도  | 3  | 0  |
|            | 21도 --      | 2  | 0  |

**Table 3. Classification of Nonunion and Average Union Time**

| Type  | No | 평균 Union 기간 (Ms) |
|-------|----|------------------|
| A1    | 4  | 6.55             |
| A2-1  | 2  | 6.6              |
| A2-2  | 11 | 7.9              |
| B1    | 4  | 10.6             |
| B2    | 6  | 7.9              |
| B3    | 1  | 9.9              |
| Total | 28 | 8.01             |

출이 계속되고 있었다. 10례에서 각변형을 보였으며 이중 11도 이상의 심한 각 변형은 5례에서 관찰되었다(Table 2). 내원당시 5례에서 골결손을 보였으며 (B1형 4례, B3형 1례) (Table 3), 이들은 부골절제술후 1례에서 4.5cm의 골결손을, 4례에서 5cm이상의 골결손을 보였다(Table 6).

### 5. 불유합의 분류 및 치료방법

불유합을 Paley등의 분류법<sup>9)</sup>에 따라 분석한 결과 A2-2형이 11례로 가장 많았다(Table 3). 치료방법은 2cm이상의 골단축을 보인 B2형은 양측압박 및 견인 골신장법(bifocal compression-distraction lengthening osteosynthesis: bone lengthening)으로 치료하였고, B1 및 B3형 5례는 양측 견인 및 압박 골전이법(내적 골 신장술) (bifocal distraction-compression transport osteosynthesis: bone transport)으로 치료하였는데, B1형 4례중 2례는 치료도중 내적 골신장과 동시에 골 결손부위를 줄임으로서 B3형으로 바뀌었다. A형 및 2.0cm 이하의 골단축을 보인 B2형은 단축 압박(monofocal compression)으로 치료하였다(Table 4).

**Table 4. Treatment Mode**

|                                     |   |    |
|-------------------------------------|---|----|
| Monofocal Compression               | : | 22 |
| Monofocal compression+B/G           | : | 8  |
| Monofocal compression+B/M           | : | 1  |
| Bone Lengthening                    |   |    |
| (Bifocal compression & distraction) | : | 1  |
| Bone transport                      |   |    |
| (Bifocal distraction & compression) | : | 5  |
| B/G : Bone graft                    |   |    |
| B/M : Bone marrow injection         |   |    |

**Table 5. Problems, Obstacles and Complications**

| Cause                       | Case |
|-----------------------------|------|
| Pin tract infection         | 12   |
| Increased joint contracture | 2    |
| Collapse of regenerate bone | 1    |
| Incomplete corticotomy      | 1    |
| Wire loosening              | 2    |
| Nerve irritation            | 1    |

**Table 6. Bone Defect or Shortening**

|               |          |
|---------------|----------|
| Less than 2cm | 22 Cases |
| 2cm to 5cm    | 2 Cases  |
| More than 5cm | 4 Cases  |

## 결 과

총 28례중 27례에서 불유합을 얻었으며 Ilizarov 외고정기구의 장착기간은 평균 10.12개월이었다. 이중 8례는 술전 감염의 소견이 없었으며 모두 단축 압박(monofocal compression)으로 치료하였고, Ilizarov 외고정기구 장착기간은 평균 6.3개월이었다. 나머지 20례는 감염성 불유합으로써 이중 14례는 단축 압박(monofocal compression)으로, 6례는 2.0cm이상의 골결손을 보여 양측 견인 및 압박법(bifocal distraction and compression)과 양측 압박 및 견인법(bifocal compression and distraction)으로 치료하여 평균 5.6cm의 골신장을 얻었으며 외고정기구 장착기간은 12.3개월이었다.

실패한 1례는 교통사고로 경골의 중위1/3에 약 6.5cm의 골결손과 심한 연부조직의 압박현상을 보여 1차 치료로서 Ilizarov외고정기구를 장착시킨 후

**Fig. 1-A.** Radiographs of plate fixation showing nonunion with little callus.

**B.** Postoperative radiograph showing olive wire used for segmental compression.

**C.** At postoperative 7 months, Ilizarov external fixator was removed.

비복근 전이술을 실시하였으나 심한 감염으로 근육의 괴사와 골절부위 골의 노출로 실패하여서 상용적 외고정기구(conventional type)로 바꾸고 골피부 피판술(osteocutaneous flap)로 치료하여 골유합을 얻었다. 술전 감염 소견을 보였던 20례중 전례에서 골유합을 얻을 수 있었으나, 이중 1례에서는 현재도 약간의 배농이 되고 있다(Table 2).

술전 11도이상의 각변형 5례중 4례에서 각 교정과 함께 골 유합을 얻은 후 6도 이하의 각변형이 잔존하였으며, 11-20도 사이의 각 변형을 보인 3례의

평균 교정 각도는 10도였고 21도 이상의 심한 각변형을 보인 2례의 평균 교정 각도는 15도였다(Table 2).

술후 발생한 합병증에서 가장 많은 것은 강선부 감염이었으나(12례) (Table 5) 대부분은 피부 및 연부조직의 천부 감염으로서 항생제의 사용이나 소파술 등으로 쉽게 치료되었다.

수상후 Ilizarov 술식을 시행하기까지의 평균기간이 12.5개월이었으며 모든 례에서 불유합 부위의 동통과 수상후부터 Ilizarov 술식 시행하기 전까지 치료기간중 교정으로 인한 관절의 부분 강직을 보였던

데, 이는 주로 슬관절이나 족관절, 주관절등에서 관찰되었다. Ilizarov 술식후 이러한 부분강직이 증가된 경우는 2례(주관절 1례, 족관절 1례)있었으나 그 외에는 기존의 부분강직이 호전되는 양상을 보였다.

## 증례 보고

### 증례 1.

46세 남자환자로서 좌측 상완골의 원위부에 분쇄상 골절이 발생하여 관혈적 정복 후 금속판 고정술을 실시하였으나(Fig. 1-A)수술 부위의 심부 감염으로 금속판 제거후 외고정으로 바꾼뒤 9개월째에 내원하였다. 내원 당시 주관절의 15도 굴곡구축에서 후속굴곡 45도까지만이 가능하였으며 방사선 소견상 A2-1형의 불유합으로 골절 가장자리에 약간 경화된 변화를 보였다.

골절부위는 개방하지 않은 채로 상하에 한개씩의 금속판을 설치하여 골절부위를 압박하였으며 나비형 파편은 olive 강선을 이용하여 측면에서 압박하였다(Fig. 1-B). 술후 5개월째 완전한 골유합을 얻었고, 7개월째 외고정 기구를 제거하였으며(Fig. 1-C), 주관절 운동범위는 5도 굴곡 구축에서 후속 굴곡 90도까지 가능하였다.

### 증례 2.

43세 남자로서 추락에 의해 우측 경골 원위부의 제 2형의 개방성 분쇄 골절이 발생하여 타 병원에서 관혈적 정복술 및 금속판을 이용한 내고정술을 실시하였으나 수술부위의 심한 감염 및 불유합 소견 보여 금속판 제거 후 외고정술로 교체한 뒤 2차례의 골이식술 시행하였으나, 본원 내원 당시 A1형의 불유합 소견을 보여(Fig. 2-A)불유합 부위에 대하여 골절부위를 개방하지 않은 채로 Ilizarov외고정술과 함께 골수이식을 시행하였다(Fig. 2-B). 수상 당시부터 Ilizarov외고정술까지의 기간은 2년 2개월이었으며 술 후 9개월에 완전한 방사선학적 골유합을 얻을 수 있었으며(Fig. 2-C), 술후 18개월에 외고정 기구를 제거하였다. 우측부의 갈퀴형 변형이 초래되었으나 족관절 운동 및 보행에 거의 지장이 없는 만족할 만한 결과를 얻었다.

### 증례 3.

35세 남자환자로서 교통사고에 의하여 약 12cm의 골결손 동반한 제 3형의 개방성 대퇴 원위부 골절로(Fig. 3-A) 수상후 4개월째에 Ilizarov외고정술 및 피질골 절골술을 시행하여 내적 골연장술을

**Fig. 2.** A. Preoperative radiograph showing nonunion.  
B. Radiograph after Ilizarov external fixation and autogenous bone marrow injection.  
C. Postoperative 9 months radiograph showed the evidence of union.

**Fig. 3. A. Radiograph at trauma.**

**B. Radiograph after Ilizarov external fixation with corticotomy for internal transport.**

**C. Postoperative 48 months radiograph showed the solid bony union.**

시행하였다(Fig. 3B). 술후 33개월째에 양측 하지의 보행에 지장이 없을 정도의 만족할 만한 내적 골연장술의 결과를 얻었으나, 골접촉 부위(docking site)의 불유합 및 계속되는 핀 감염으로 Ilizarov 외고정기구를 제거하고 Orthofix 이용한 외고정술 및 골이식술을 시행하여 술후 48개월째에 완전한 골유합을 얻었고(Fig. 3-C), 보행 가능하게 되었다.

## 고 찰

불유합을 치료하는데 고려해야 할 4가지의 중요한 원칙으로는 안정성, 축 선열, 혈액 순환, 기능등이 있다. 골절부위의 안정성을 증가시키기 위한 방법으로는 간단한 석고고정에서부터 금속판이나 골수강내 금속정을 사용하는 방법<sup>9</sup> 및 외고정기구를 사용하는 방법등 다양하나 골절의 불유합은 많은 경우에 있어서 골의 변형이나 단축, 결손, 그리고 감염 등을 동반하기 때문에 이러한 문제점들을 동시에 치료할 수 있는 외고정기구가 널리 쓰이고 있다. 외고정기구에 도 크게 나누어 4-6mm의 강직핀(stiff pin)을 이용하는 외고정 기구와 1.5-1.8mm의 긴장 강선을 이용하는 환형인 Ilizarov기구가 있다. 역학적인 면에서 두형태의 가장 특징적인 차이점은 환형은 축성

부하에 대한 견고성이 일반적 형태(conventional type)에 비해 75%나 낮다.

Mornadi<sup>10</sup>에 의하면 이러한 특성 때문에 Ilizarov 기구가 안정하기는 하나 견고(rigid)하지는 않아 축성부하를 골에 전달할 수 있어 골유합과 신생골의 형성을 촉진시킨다 하였다. Ilizarov 외고정기구의 장점은 각변형을 서서히 교정하여 줌으로서 불유합 부위에 압박력이 종으로 전달될 수 있도록 하면서 교정함으로써 골유합을 지연시키는 문제점을 예방할 수 있다는 점이다.

불유합의 치료에 있어서 골절의 유합뿐만이 아니라 골절부위의 혈류를 증가시키는 것은 대단히 중요하다. 특히 위축형의 불유합에 대해 Ilizarov술식을 시행할때 골형성 촉진방법으로 피질골 절골술(corticotomy)을 시행하는 것이 중요하며<sup>12</sup>, 절골술 시행시 2.2배의 혈류증가와 11.8배의 동위원소(technetium)의 증가가 보고된 바 있는데<sup>13</sup> 이러한 혈류의 증가는 결국 골이식과 비슷한 효과가 있으며 감염의 치료에도 좋은 효과가 있다고 한다<sup>14</sup>.

불유합의 치료시 불유합이 과혈성인지의<sup>9</sup> 여부를 판단하는 것이 도움이 되며, Paley<sup>9,10,11,15</sup>에 의하면 불유합이 견고(stiff)한지 아니면 이완형(lax)인지를 구분하는 것도 중요하다. 만일 불유합이 견고할

경우 이 불유합은 안정(stable)되어 있으며 골절 간격에는 섬유성 연골이나 조직을 함유하여 쉽게 골화할 수 있는 반면, 불유합이 이완형인 경우에는 섬유 조직이 적거나 활액 간격이 존재하여 쉽게 골화할 수 없을뿐 아니라 불안정하다. Schwartzman등<sup>46</sup>도 불유합 자체가 감염성인지 비감염성인지의 여부보다 견고한지 아니면 이완한지가 중요하다 하였으며, 만일 견고한 불유합이면서 골절부위가 비후성이고 불유합 부위에서 유동성이 5-7도이하이고 골단축이 2cm이하라면 전인성 골형성(distraction osteosynthesis)이 가능하다 하였다. 이완형의 불유합은 일정한 기간동안 압박을 가할 경우 안정을 얻게되며 염증반응(inflammatory response)을 일으켜 치유 과정이 촉진된다 하였다.

저자의 경우 A2형 불유합과 B2형 불유합증 골단축이 2cm미만인 경우 술전 감염의 존재여부에 관계없이 단축 압박으로 치료하였으며 A1형 불유합의 경우는 해면골 이식술 후 단축압박으로 치료한 결과 평균 6.6개월에 모두 골유합을 얻을 수 있었다(table 3). 골단축이나 골결손이 2cm 이상이 있는 경우 양측 전인 및 압박(bifocal distraction and compression)이나 양측 압박 및 전인(bifocal compression and distraction)으로 치료함을 원칙으로 하였으며<sup>48</sup> 6례(B1:4, B2:1, B3:1)에서 평균 5.6cm의 골연장을 얻었다. 일반적으로 골연장 부위는 전인성 골형성(tension-stress effect, distraction osteogenesis<sup>3,5,6,7</sup>)에 의해 골이 형성되고 불유합 부위는 전환성 골형성(transformational osteogenesis)에 의해서 골이 형성된다<sup>8,10,11,12</sup>고 말할 수 있는데 B1 및 B3형의 불유합에서 내적 골연장술(internal transport) 후 골접촉 부위(docking site)의 절제나 골이식 여부에 대해서는 약간의 이견이 있다. Morandi등<sup>49</sup>은 골결손 평균 2.6cm, 골단축 평균 3.2cm가 있는 13례의 감염성 경골 불유합에 대해 Ilizarov술식을 이용하여 치료한 결과 불유합 부위에 전혀 절제를 시행치 않고도 골유합을 얻었다 하였으나, Pearson과 Perry<sup>13</sup>는 골결절을 동반한 5례의 경골 감염성 불유합을 치료하여 4례에서 골유합을 얻었으나 이중 1례만이 단순 압박에 의한 것이었고 나머지 3례에서는 관혈적 정복과 골이식을 시행했다 하여 내적 골연장술 후 골접촉 부위에 골이식이 필요함을 강조하였다.

이등<sup>50</sup>도 평균 4.6cm의 골결손을 보인 5례의 염증성 불유합을 치료하였는데 골결손은 내적골 연장술을 사용하여 복구가 가능하였으며 염증부위도 광범위한 부골절제 및 근 피관술을 이용하여 치료했다 하였으나 1례를 제외한 4례에서 최종추시 결과 불유합 부위의 골유합 소견을 보이지 않고 있었다 하였다.

저자들의 경우 B2형의 불유합에서는 골이식없이 골유합과 골신장을 동시에 얻을 수 있었으나 내적골 연장술을 시행한 B1 및 B3형 5례에서는 한례에서도 골유합을 얻지 못하여 모두 골이식술을 시행하여 골유합을 얻었는데 그 원인으로는 피부합몰이나 연부 조직등의 방해인자나 변연절제술시 사용한 고속의 톱(high-speed saw)에 의한 골괴사(marginal necrosis)등으로 사료되었다.

결국 내적 골연장술후 불유합을 해결하기 위하여 골결손이 심하지 않은 B1 및 B3형을 Ilizarov수술 시행당시 골결손 부위를 단축시켜 B2형으로 바꾸어 치료하는 것이 피부합몰이나 연부조직등의 방해인자를 예방할 수 있어 좋을 것으로 생각되었으며, 부골절제술시에는 Gigli-saw나 Rongeur등을 사용하는 것이 고속의 톱에 의한 변연부의 골괴사를 예방할 수 있으리라 사료되었다. Ilizarov술식의 단점은 관통하는 강선을 사용하므로써 혈관 및 신경에 손상을 줄 수 있고, 오랫동안 장착해야 할 경우 관절운동에 장애를 초래할 수도 있으며, 시술하는 의사의 입장에서 볼때 정확한 해부학적 구조를 알아야 하며 배우는데 시간이 많이 소요된다는 점이다. 저자들의 경우 12례(43%)에서 감염의 소견을 보였으며 그외 다수의 문제점들이 관찰되었으나(Table 5), 이러한 문제점들은 이론의 정확한 이해와 수기의 정확한 시술로서 많은 부분을 감소시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

## 결 론

저자들은 Ilizarov술식을 이용하여 28례의 장골 불유합을 치료하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 총 28례중 27례에서 골유합을 얻었으며 Ilizarov의 고정기구의 장착기간은 평균 10.12개월이었다.
2. 술전 골결손과 감염의 소견이 없었고, 2cm이하의 골단축을 보인 8례에서는 모두 단축 압박(mo-

nofocal compression)으로 치료하였으며 평균 6.3개월에 골유합을 얻었다.

3. 감염성 불유합 20례에서 골결손을 보이지 않고 2cm이하의 골단축을 보인 14례에서는 단축압박(monofocal compression)으로 치료 하였으며 평균 8.7개월에 골유합을 얻었다.

4. 2cm이상의 골 결손이나 단축을 보인 6례에서 골연장술이나 골전이술(bone lengthening or bone transport)로 치료하여 평균 5.6cm의 골연장을 얻었다.

5. Ilizarov술식은 감염, 골결손이나 단축 및 골곡변형이 동반된 불유합의 치료에 좋은 효과를 나타내었다.

6. 가장 흔한 문제점은 강선 삽입부 감염이었다.

7. 내적 골연장술 후 골절촉부의 유합을 촉진시키기 위해서는 골결손이 심하지 않은 B1 및 B3형을 수술당시 B2형으로 바꾸어 치료하고, 부골 절제술시에 Gigli saw나 Rongeur를 사용하여 고속의 톱에 의한 변연부의 골괴사를 예방하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

## REFERENCES

- 1) 이광진, 황득수, 진영만 : 내적 골연장술(Internal lengthening with Ilizarov apparatus)을 이용한 장관골의 염증성 골결손의 치료. 5례에 대한 보고. *대한정형외과학회지*; 26-1:324-333, 1991.
- 2) 한홍준, 이병창 : 골수강내 금속정 고정 및 나사못 말물림법을 이용한 장골 골절의 지연 및 불유합의 치료. *원광의과학회지*; 6-1, 2:41-53, 1990.
- 3) Aronson, J, Johnson, E and Harp, JH : Local bone transportation for treatment of intercalary defects by the Ilizarov technique : Biomechanical and clinical considerations. *Clin. Orthop*, 243:71-79, 1989.
- 4) Boyd, HB, Lipinski, SW and Wiley, JH : Observations on nonunion of the shafts of the long bones, with statistical analysis of 842 patients. *J.Bone and Joint Surg*, 43-A:159-168, 1961.
- 5) Ilizarov, GA : Clinical application of tension-stress effect for limb lengthening. *Clin. Orthop*, 250:8-26, 1990.
- 6) Ilizarov, GA : The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues ; Part I . The influence of stability of fixation and soft tissue preservation. *Clin. Orthop*, 238:249-281, 1989.
- 7) Ilizarov, GA : The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues ; Part II . The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin. Orthop*, 239:263-285, 1989.
- 8) Morandi, M, Zembo, MM, Ciotti, M : Infected tibial pseudoarthrosis A 2-year follow-up on patients treated by the Ilizarov technique, *Orthopaedics*, 12:497-508, 1989.
- 9) Paley, D : Biomechanics of the Ilizarov external fixator. Operative principles of the Ilizarov, pp33-41, Baltimore, *Williams and Wilkins*, 1991.
- 10) Paley, D : Problems, Obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin. Orthop*, 250:81-104, 1990.
- 11) Paley, D : Treatment of tibial nonunion and bone loss with the Ilizarov technique. Instructional Course Lectures, vol XXXIX. pp.189-197, *American Academy of orthopaedic Surgeon*. 1990.
- 12) Paley, D, Catagni, MA, Argnani, F, Villa, A, Benedetti, GB and Cataneo, R : Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin. Orthop*, 241:146-165, 1989.
- 13) Pearson, RL, Perry, CR : The Ilizarov technique in the treatment of infected tibial nonunions. *Orthop. Rev.*, 18:609-613, 1989.
- 14) Schwartzman, V, Choi, SH and Schwartzman, R : Tibial nonunions. *Orthop. clin. N. Am.* 21:639-653, 1990.
- 15) Sveshnikov, AA, Barabash, AP, Cheplenko, TA, Smotrova, LA and Larionov, AA : Radionuclide studies of osteogenesis and circulation in substitution of large defects of the leg bones in experiment. *Orthop. travmatol. Trotez*, 11:33, 1984.