

# Hoffmann외고정 기기를 이용한 개방성 경골골절의 치험성적

전주예수병원 정형외과

이영식 · 양한설 · 최경수 · 조신강

## =Abstract=

### Result of Treatment of Open Tibial Fracture with Hoffmann External Fixator

Young Sik Lee, M.D., Han Sol Yang, M.D., Kyung Soo Choi, M.D. and Shin Kang Cho, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Presbyterian Medical Center, Chon-ju, Korea

Recently, tibial shaft fractures become more severe because of high speed traffic accidents.

The open tibial fracture is a difficult one to treat because of its common complications such as infection, soft tissue defect, delayed union and non-union.

We studied 37 cases of open tibial fractures which were treated with external fixation.

The results are as follows:

1. The average patient age was 29.3 years and male predominated by a ratio of 4.3 : 1.
2. The traffic accidents were the most common cause of injury.
3. Most cases(67.6%) were type III fracture(by classification of Gustilo and Anderson).
4. Hoffmann external fixator gave rigid fixation and good wound access.
5. There were 28 cases(75.7%) which needed secondary soft tissue reconstruction.
6. The infection rate was 21.5%(8 cases). These all healed with conservative management. There were 5 cases of pin tract infection which healed without developing osteitis.
7. The average union time was 28.7 weeks. In type III fracture there was marked delay in union (average 32.1 weeks).
8. The rate of development of delayed or non-union was 35.1%. In these cases, bony union was obtained with cancellous bone graft.

**Key Words:** Tibia, fracture, treatment, external fixation.

## 서 론

경골의 골절은 교통사고, 산업재해등에서 높은 빈도로 발생하고 있으며, 근래에는 고속의 교통사고에 의해 수상기전으로 심한 개방성 골절이 늘어가는 추세이다. 경골골절의 치료방법은 석고붕대를 이용한 보존적방법, 관혈적 정복과 내고정, 수내고정, 외고정등 다양하나, 심한 개방성 골절의 치료는 외고정법이 비교적 안전한 방법으로 보고되고 있다<sup>1, 4, 7, 11, 14-18</sup>.

본 예수병원 정형외과에서는 1980년부터 1983년까지 Hoffmann외고정법으로 치료하여 골유합까지 추시가 가능하였던 개방성 골절환자 37예에 대한 치료성적을 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 자료 분석

1980년부터 1983년까지 Hoffmann 외고정법으로 치료하여 골유합까지 원격추시가 가능하였던 개방성 경골골절 37예를 대상으로 하였으며, 원격추시 기간은 최단 27주에서 최장 87주로 평균 41.4주이었다.

### 1. 연령 및 성별분포

환자의 연령은 최소 16세에서 최고 67세까지 있었으며, 평균 연령은 29.3세로 활동성이 높은 20대와 30대에서 20예로 54.1%를 차지하였다.

남자가 30예, 여자가 7예로 남녀의 비는 4.3 : 1이었다.

**Table 1.** Classification of open tibial fracture(by Gustilo and Anderson, 1976)

Type I	An open fracture with a wound less than 1cm and clean.
Type II	An open fracture with a laceration more than 1cm long without extensive soft tissue damage, flap or avulsion.
Type III	Open segmental fracture Open fracture with extensive soft tissue damage Traumatic amputation Gunshot injury Farm injury Open fracture accompanying with vascular injury

**Table 2.** Classification of cases

Type	cases	percentage
Type I	3	8.1
Type II	9	24.3
Type III	25	67.6
Total	37	100

## 2. 손상 원인

대부분 교통사고에 의한 손상이었다(83.8%).

## 3. 골절의 분류

37예의 개방성 골절중 12예는 근위 1/3에서, 15예는 중간 1/3에서 그리고 8예는 원위 1/3에서 발생하였으며, 분절골절도 2예있었다.

Gustilo와 Anderson<sup>10)</sup>에 의한 개방성 골절의 분류(Table 1)상 type I이 3예(8.1%), type II가 9예(24.3%)있었고 type III가 25예(67.6%)로 가장 많았다(Table 2).

## 치료 방법

모든 개방성 골절환자는 일차 응급실에서 상처를 세척한 후 방사선 검사를 하고 응급수술을 하였으며, 수술실에서 섬세한 이물질 제거, 창연절제 및 10,000cc 이상의 항상제를 혼합한 생리식염수로 세척한 후 외고정을 하고 가능하면 상처를 봉합하였다.

### 1. 개방창의 치료

type I과 type II의 연부조직 손상은 창연절제와 세척후 일차 봉합을 하였으며, type III는 myoplasty나 bipedicular flap을 시행하여 노출된 골을 덮어주고 개방된 상태를 유지하였다. 손상된 근이나 건은 일차 봉합하였다.

### 2. 외고정의 방법

Hoffmann의 quadilateral frame을 이용하였으며 골절의 근위부와 원위부에 각각 2개 이상의 핀을 사용하였고 외고정의 안정도를 높이기 위하여 핀은 골절부위에 되도록이면 가깝고 대칭적으로 삽입하였고 연결봉 사이의 거리도 가능한 한 줄였다.

골절의 형태에 따라 불안정한 사선골절의 경우 back-cut osteotomy(Fig. 4)로 안정도를 높일 수 있었고, 고정기 필요한 골편은 나사못이나 K-wire로 고정하였다.

또한 경골과하골절(subcondylar fracture)은 근위 골편에 horizontal plane으로 2개의 핀을 삽입하여 고정하였다.

**Fig. 1-A.** Segmental open fracture which involves middle and distal 1/3 of tibia.

**Fig. 1-B.** With temporary pin inserted in intermediate segment the fracture could be reduced anatomically. The small fragment in proximal area of intermediate segment was fixed with a screw and fracture was fixed with Hoffmann external fixator with compression.

**Table 3.** Reconstruction of soft tissue

Kinds of reconstruction	Cases
Myoplasty and skin graft	6
Bipedicular flap	7
Rotation flap	5
Cross leg pedicle flap	10
Total	28(75.7%)

2예의 분절골절에서 1예는 Melis 등<sup>23)</sup>의 분류상 type II로 근위부 골절의 불안정한 골편은 개방창을 이용하여 하나의 나사못으로 고정하고, 근위부의 핀과 중간골편의 핀을 이용하여 근위부 골절을 정복하고 2개의 연결봉으로 일시 고정한 후 원위부 골절을 비관혈적 정복하여 원위부의 핀과 근위부의 핀을 연결봉으로 고정하고 compression 한 후 중간골편에 삽입하였던 핀을 제거하여 해부학적 정복과 견고한 외고정을 얻을 수 있었다(Fig. 1).

다른 1예는 Melis 등의 type I으로 골절부위의 개방창으로 쉽게 관혈적 정복과 안정된 외고정을 할 수 있었다.

### 3. 피부결손의 치료

Type III의 광범위한 연부조직 손상으로 창연절제후 일차봉합이 불가능한 경우에는 myoplasty로 골의 노출을 최대한으로 막고 상처는 개방시켰으며 type I과 type II의 손상은 일차봉합하고 술후 진행된 연부조직의 괴사는 4 내지 7일 동안 관찰하여 그 범위가 확실해진 후 제거하고 myoplasty와 피부이식, bipedicular flap, rotation flap 또는 cross leg pedicle flap 등으로 연부조직을 재건하였다(Table 3).

**Fig. 1-C.** Gross appearance after wound healing without infection.

Cross leg pedicle flap이 필요한 경우에는 quadri-lateral frame을 unilateral frame으로 치환하였다(Figs. 2-B and C).

### 4. 술후 치료

견고한 외고정 후 하지의 부종이 사라지고 상처가 안정되었을 때 슬관절 및 족관절의 능동적 관절운동을 시작하였다.

상처가 완전히 치유되면 목발을 이용하여, 부분적 체중부하를 시켰으며, 전 체중부하는 방사선상 골절면이 보이지 않고 임상적으로 충분히 견고한 골유합이 예상될 때, 외고정을 제거하고 PTB 석고붕대로 고정한 후 시작하였다.

석고붕대는 방사선 추시결과 골절면을 지나는 골주가 충분히 보일 때까지 실시하였다.

### 5. 지연유합 및 불유합의 치료

지연유합 및 불유합은 13예(35.1%)에서 발생하였고, 11예는 해면골 이식, 2예는 비골이식을 실시하였다.

결 과

**Fig. 2-A.** Fracture of middle 1/3 of tibia with type II open wound.

**Fig. 2-C, D.** The skin over the fracture site was necrotized largely. So, quadrilateral frame was exchanged to unilateral frame, and the wound was closed with cross leg pedicle flap after extensive debridement.

**Fig. 2-B.** After wound irrigation and debridement open wound was closed and fracture was fixed with Hoffmann external fixator.

**Fig. 2-E.** The donor area of opposite leg was covered with split thickness skin graft. There was no functional problem.

**Fig. 3-A, B.** AP and lateral X-rays which show comminuted fracture of proximal tibia with bony loss and large open wound.

**Fig. 3-C.** The fracture was fixed with Hoffmann external fixator. In proximal fragment 2 pins were inserted in horizontal plane. The fixation was rigid.

**Fig. 3-D.** Gross appearance after wound healing without infection.

Table 5. Result of treatment

Type of injury	Union time		Union time		Mean of union time	Cases of wound infection	Cases of pin tract infection
	Less than 20 weeks		More than 20 weeks (delayed or non-union)				
	Cases	Average union time	Cases	Average union time			
Type I	2	14.2	1	33.1	17.2	1	1
Type II	7	16.5	2	41.2	22.0	2	1
Type III	15	19.3	10	51.3	32.1	5	3
Total	24	18.1	13	48.3	28.7	8(21.6%)	5(13.5%)

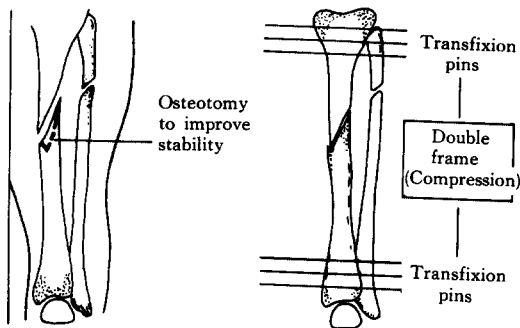


Fig. 4. Back-cut osteotomy for unstable oblique fracture of tibia. (from Hardaker, W.T., Wart, T. W., and Goldner, J.L.: External fixation in the management of severe musculoskeletal trauma. Orthopaedics 5: 437, 1981)

골유합은 최단 14주에서 최장 57주가 필요하였으며, 37예의 평균 골유합 기간은 28.7주이었다. 골유합 시기는 4주 간격의 방사선 추시결과 골절면을 지나는 골주가 충분히 형성되었을 때로 정하였다.

지연유합 및 불유합으로 판정되지 않은 24예에서의 평균 골유합 기간은 18.1주 이었고 type I은 14.2주, type II는 16.5주 그리고 type III는 19.3주를 보여, 손상정도가 심할수록 골유합도 지연됨을 알 수 있었다.

지연유합 및 불유합으로 판정되어 골이식을 시행하였던 13예는 현저한 골유합 기간의 연장을 보여주었다(Table 5).

분절골절 2예는 각각 28주와 36주에 골유합이 이루어졌다.

지연유합 및 불유합의 정의는 학자에 따라 의견이 다르나 저자들은 Leach<sup>10)</sup>의 정의에 따라 수술 후 20주까지 방사선 검사상 골유합이 이루어지지 않았을 때 지연유합으로 판정하였고, 임상적으로 그리고 방사선 소견으로 가운뎃이나 골절면의 sclerosis나 flaring이 있어서 골유합을 촉진시키기 위한 조치가 필요하다고 결정되었을 때 불유합으로 판정

하였다.

저자들의 경우 지연유합 및 불유합은 모두 골이식을 실시하여 비교적 빠른 골유합을 얻을 수 있었다. 상처의 감염은 8예에서 있었고, 이중 5예는 type III에서 발생하였다(Table 5). 감염의 원인균은 Pseudomonas가 가장 많았다(Table 4).

핀 삽입부의 감염은 5예(13.5%)에서 발생하였다. 핀의 제거 및 상처의 치료와 소파수술로 모두 치료되었고, 핀삽입부의 감염이 골염(osteitis)로 진행된 예는 없었다(Table 5).

## 고 찰

골절의 외고정법은 1840년 Malgaigne이 경골을 고정하기 위한 "point"와 1844년 슬개골을 고정하기 위한 "clamp"를 고안한 이후, 1세기에 걸쳐 견고한 고정을 위한 여러가지 형태의 model이 고안되고 시도되어 왔다.

1938년 Hoffmann은 강한 pin gripping clamp와 universal ball joint 그리고 compression과 distraction이 가능한 external bar를 고안하여 외고정 기구를 설치한 상태에서 골절의 정복이 가능하고 골절면에 충분한 압박을 줄 수 있는 우수한 frame을 발명하였다.

근래엔 Kronner, Roger-Anderson, Volkov-Oganisian 또는 Ace-Fisher 등 여러 형태의 외고정 기구가 소개되고 있지만 견고한 고정, 사용상의 다양한 변화 및 가격면에서 Hoffmann기구가 각광을 받고 있다<sup>1, 18, 19, 22, 24)</sup>. Chao<sup>8)</sup>는 외고정 기구를 그 형태에 따라 6가지로 분류하였다. Standard Hoffmann기구는 이중 quadrilateral frame에 속한다.

외고정법의 장점은 매우 많으나 중요한 장점은 첫째, 심한 연부조직 손상이 있고 분쇄가 심한 골절에서도 견고한 고정이 가능하고, 둘째 고정 후에도 상처의 관찰 및 치료가 쉽고, 세째 고정후에 필요한 연부조직의 제전술이나 골이식등을 정복상태를 유지한 채 행할수 있고, 네째 술후 즉시 주위관

절의 운동을 시작할 수 있어 관절강직을 최소한으로 줄일 수 있는 점이다<sup>24)</sup>. Clancey와 Hansen<sup>6)</sup>에 의하면 경골 간부골절의 골유합에 영향을 미치는 인자는 연부조직의 손상정도, 골편의 전위와 분쇄의 정도, 감염, 골편의 결손 및 고정도의 안정도라 하였고 Larsson과 Linden<sup>17)</sup>은 이중 치료자가 영향을 미칠 수 있는 것은 감염을 방지하고 골절의 안정성을 높이는 것이라 하였다. 이러한 관점에서 볼 때 외고정 기구는 다른 치료방법보다 개방성 경골 골절의 치료에 좋은 결과를 줄 수 있다.

일반적으로 외고정 기구의 안정도는 Briggs와 Chao<sup>4)</sup>와 Johnson과 Fischer<sup>13)</sup>에 의하면 한 골편 내에서 핀사이의 간격이 넓을수록, 핀을 직교상태로 배열할수록, 더 많은 핀을 삽입할수록, half핀 보다는 transfixation 핀을 사용할수록, 연결봉을 많이 사용할수록 핀의 외경이 클수록, 연결봉 사이의 거리가 가까울수록 그리고 압박을 많이 할수록 증가한다고 하였다.

또한 Hardaker 등<sup>11)</sup>은 불안정한 사선골절은 back-cut osteotomy(Fig. 4)와 골절의 압박으로 견고한 고정을 할 수 있다고 하였다.

저자들은 이에 입각하여 Hoffmann기구를 사용함에 있어서 가능한 한 하나의 골편내에 3개의 transfixation pin을 삽입하였으며, 4개의 연결봉을 서로 근접하게 위치시키고, 조절나사를 이용하여 충분한 압박을 하였다. 불안정한 사선골절 4예는 back-cut osteotomy로 견고한 외고정을 할 수 있었다.

외고정 후 발생할 수 있는 합병증중 가장 흔한 것은 핀 삽입부의 감염이다. Karlstrom과 Olerud<sup>15)</sup>와 Linson과 Scott<sup>20)</sup>에 의하면 핀 삽입부 감염의 원인은 핀 삽입시 발생하는 열에 의한 연부조직 및 골의 열손상과 핀과 골사이의 instability에 의한다고 하였으며, 이것은 핀 삽입부의 피부를 1cm 정도 절개하고 power drill이 아닌 hand drill을 사용하여 열손상을 막고, 삽입후 골과 접촉하는 부위만 thread가 형성되어 있는 Bonnel pin을 사용함으로써 loosening의 예방이 가능하고, 술후 핀삽입부를 매일 소독함으로써 핀 삽입부 감염을 최소한으로 줄일 수 있다.

Edge와 Denham<sup>7)</sup>의 보고에 의하면 핀 삽입부 감염이 선행되어 핀의 loosening이 오는지 아니면 반대로 핀의 loosening때문에 감염이 오는지 확실하지 않다. 저자들의 경우 핀 삽입부의 감염이 있다하여 꼭 핀의 loosening이 동반되지는 않았다. 심하게 핀이 헐거워졌거나 감염이 있을 때는 핀을 제거하고 소파술을 시행하여 골염을 일으키지 않고

치료할 수 있었다.

그외의 합병증으로는 핀삽입에 의한 신경 및 혈관의 손상, 핀에 의한 근이나 건의 운동제한, 견고한 외고정에 의한 지연유합, 견고한 외고정에 의한 피질골의 해면골화에 의한 재골절등이 있을 수 있다<sup>24)</sup>.

Green<sup>9)</sup>에 의하면 대개 tranfixation pin은 신경이나 혈관을 관통하지 않고 비켜서 지나가게 되므로 신경 및 혈관의 손상은 드물지만 경골을 4등분하여 원위 1/4과 3/4의 중간지점에 전경동맥(anterior tibial artery)과 비골신경(deep peroneal nerve)이 골간막(interosseous membrane)을 뚫고 후방에서 전방으로 나오기 때문에 이곳에 신경 및 혈관손상이 가장 많아 핀삽입 시 이곳을 피하거나 세심한 주의가 요한다고 한다.

저자들의 경우 37예의 외고정 후 신경 및 혈관손상의 예는 없었다.

개방창의 치료에 있어서 Leach<sup>19)</sup>는 상처가 비교적 작고, 피부의 긴장이 없을 때는 일차봉합을 할 수 있고 긴장이 심하거나 피사조직의 제거가 불충분하다고 생각될 때는 꼭 상처를 개방하여야 한다고 하였다. 또한 Gustilo와 Anderson<sup>10)</sup>은 type I과 type II의 손상은 일차봉합하고 type III의 손상은 지연봉합 또는 연부조직 제진술로 감염빈도를 낮출 수 있다 하였다.

Urist 등<sup>25)</sup>은 연부조직에 덮이지 못한 노출된 경골에서는 전혀 골유합이 일어나지 않았다고 보고하고 있으며 Ger<sup>8)</sup>은 근으로 골의 노출을 막고(myoplasty), 일주일 후 피부이식을 실시함으로 immediate skin covering보다 감염빈도를 낮출 수 있었다고 하였다.

저자들은 type III의 손상에서 광범위한 골의 노출이 있을 경우 초기에 근위 1/3에서는 내측 비복근(medial head of gastrocnemius muscle)으로 중간 1/3에서는 가자미근(soleus muscle)으로 그리고 원위 1/3에서는 장족지 굴곡근(flexor digitorum longus muscle)을 이용한 근성형술로 가능한한 골의 노출을 막고 4내지 7일 후에 피부이식, rotation flap 또는 cross leg pedicle flap등의 연부조직 제진술을 실시하였다. 그러나 저자들의 경우 평균 감염율은 21.6%로 Gustilo와 Anderson<sup>10)</sup>의 4.1%보다 훨씬 불량한 성적을 보였으며 Lottes<sup>21)</sup>나 유등<sup>2)</sup>의 성적과는 비슷하였다.

골유합 기간에 대한 Lawyer와 Lubbers<sup>18)</sup>의 보고에 의하면 골절의 정복상태가 골유합 기간에 가장 큰 영향을 미쳐서 해부학적 정복이 됐을 때는 5.1개월, 안되었을 때는 8.2개월의 골유합 기간이

발린다고 하였다. 저자들의 경우 평균 골유합 기간은 28.7주로 Karlstrom과 Olerud<sup>10)</sup>의 7.2개월, 유등<sup>1)</sup>의 31.7주보다는 좋은 성적을 보여 주었으나 Lawyer와 Lubbers<sup>10)</sup>보다는 지연되었다.

Andersen<sup>3)</sup>은 골절의 고정 및 견고할 때는 주로 골내부 가골(internal callus)에 의해 골유합이 일어난다고 하였다. 저자들의 경우 방사선 추시결과 cross leg pedicle flap을 위해 unilateral frame으로 고정하였던 환자중 4예를 제외하고는 골외부 가골(external callus)은 볼 수 없었다.

분쇄골절의 경우 2예에서 각각 28주와 36주의 골유합 기간이 소요되었는데 최등<sup>2)</sup>의 보고에 의하면 수내고정과 금속판 내고정 및 자가골 이식술 후 가장 빠른 골유합을 얻을 수 있었다한다.

## 결 론

본 예수병원 정형외과에서는 37예의 개방성 경골골절을 Hoffmann외고정 기구로 치료한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 환자의 평균 연령은 29.3세로 활동기 연령이 많았고, 남녀의 비는 4.3:1이었다.

2. 개방성 경골골절은 대부분 교통사고에 의해 발생하였다.

3. Gustilo와 Anderson의 개방성 경골골절의 분류상 type III의 손상이 67.6%로 가장 많았다.

4. Hoffmann외고정 기구의 사용으로 심한 개방창이 동반된 경골골절도 견고한 고정이 가능하였고 상처의 치료도 쉬웠다.

5. 28예(75.7%)에서 연부조직 제진술이 필요하였다.

6. 상처의 감염율은 21.6%이었고 보존적인 방법으로 치료가 가능하였다. 핀 삽입부의 감염은 5예에서 있었으나 핀의 제거와 소파술로 골염의 합병증을 유발하지 않고 치료되었다.

7. 평균 골유합 기간은 28.7주이었고 type III의 골절은 32.1주로 골유합 기간의 연장이 있었다.

8. 지연유합 및 불유합은 21.6%에서 발생하였고, 해면골 이식술과 비골이식술로 골유합을 얻을 수 있었다.

## REFERENCES

- 1) 유명철·배대경·조일형·이방섭: 경골 간부골절의 외고정 치료법. 대한정형외과학회지, 20: 477, 1985.
- 2) 최기홍·강충남·왕진만·노권재·신광석: 경

골 분절골절에 대한 임상적 고찰 대한정형외과학회지, 20: 1080, 1985.

- 3) Andersen, L.D.: *Compression plate fixation and the effect of different types of internal fixation on fracture healing*. J. Bone and Joint Surg., 47-A: 191, 1965.
- 4) Briggs, B.T. and Chao, E.Y.S.: *The mechanical performance of the standard Hoffmann-Vidal external fixation apparatus*. J. Bone Joint Surg., 64-A: 566, 1982.
- 5) Chao, Y.E.S.: *Biomechanical analysis of external fixtural fixation for treatment of open bone fractures*. In Gallllagher, Simon, Hohnson, and Gross(eds.). *Finite element of biomechanics*. New York, J. Wiley and Sons, 1982.
- 6) Clancey, G.J. and Hansen, S.T.: *Open fractures of the tibia. A review of 102 cases*. J. Bone and Joint Surg. 60-A: 118, 1978.
- 7) Edge, A.J. and Denham, R.A.: *External fixation for complicated tibia fracture*. J. Bone and Joint Surg., 63-B: 92, 1981.
- 8) Ger, R.: *Muscle transposition for treatment and prevention of chronic post-traumatic osteomyelitis of the tibia*. J. Bone and Joint Surg., 59-A: 784, 1977.
- 9) Green, S.A.: *Complications of external skeletal fixation*. Clin. Orthop. 180: 109, 1983.
- 10) Gustilo, R.B. and Anderson, J.T.: *Prevention of infection in the treatment of 1025 open fracture of long bones*. J. Bone and Joint Surg., 58-A: 453, 1976.
- 11) Hardaker, W.T., Wart, T.W. and Goldner, J. L.: *External fixation in the management of severe musculoskeletal trauma*. Orthopaedics 5: 437, 1981.
- 12) Hoffmann, R.: *Rotule a os pour la reduction dirigee non sanglante des fractures(osteotaxis)*. Helv. Med. Acta 5: 844, 1938.(Quoted in Vidal, J.: *External fixation*. Clin. Orthop. 180. 7, 1980)
- 13) Johnson, W.D. and Fischer, D.A.: *Skeletal stabilization with a multiplane external fixation device*. Clin. Orthop., 180: 34, 1983.
- 14) Jones, R.E., Byrd, S. and Cierny, G.: *Complex open tibial fractures managed with external fixation and pedicle muscle flap*. J. Bone and Joint Surg., 63-B: 630, 1981.



- 15) Karlstrom, G. and Olerud, S.: *External fixation of severe open tibial fracture with the Hoffmann frame. Clin. Orthop.*, 180:68, 1983.
- 16) Kenwright, J., Harris, J.D. and Evans, M.: *External skeletal fixation for tibial shaft fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 63-B:525, 1980.
- 17) Larrson, K. and Linden, W.D.: *Open tibial shaft fracture. Clin. Orthop.* 180: 63, 1983.
- 18) Lawyer, R.B. and Lubbers, L.M.: *Use of the Hoffmann apparatus in the treatment of open tibial fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 62-A: 1264, 1980.
- 19) Leach, R.E.: *Fracture of the tibia and fibula, in Rockwood, C.A. Jr. and Green, D.P.: Fracture in adult Vol. 2, Philadelphia, J.B. Lippincott Co., 1984.*
- 20) Linson, M.A. and Scott, R.A.: *Thermal burns associated with high speed cortical drilling. Orthopaedics.* 1:394, 1978.
- 21) Lottes, J.O.: *Medullary nailing of the tibia with tri-flange nail. Clin. Orthop.*, 105:144, 1974.
- 22) McCoy, M.T., Chao, E.Y.S. Kasman, and R. A.: *Comparison of mechanical performance in 4 types of external fixators. Clin. Orthop.*, 180:23, 1983.
- 23) Melis, G.C., Sotgiu, F., Lepor, M. and Guido, P.: *Intramedullary nailing in segmental tibial fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 63-A:1310, 1981.
- 24) Sisk, T.D.: *External fixation, Historic review, advantage, disadvantage, complications and indications. Clin. Orthop.*, 180:7, 1983.
- 25) Urist, M.R., Robert, M. and McLean, F.C.: *The pathogenesis and treatment of delayed union and non-union. J. Bone and Joint Surg.*, 36-A:931, 1954.
- 26) Vidal, J.: *External fixation, Yesterday today and tomorrow. Clin. Orthop.*, 180:7, 1983.