

Hoffmann 외고정술의 임상적 고찰

순천향대학교 의학부 정형외과학교실

장사상·전병천·김연일·최창욱·김학현

= Abstract =

Clinical Consideration on the Treatment of Fractures by Hoffmann's Transfixation Method.

Sa Sang Chang, M.D., Byong Chun Jun, M.D., Yon Il Kim, M.D., Chang Uk Choi, M.D.
and Hak Hyun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, S.C.H. College, Seoul, Korea

Open long bone fracture is frequently difficult to reduce and maintain, especilly when there is extensive soft tissue damage. Infection, instability, malalignment and soft tissue complication often result in prolonged morbidity or failure.

The Hoffmann's apparatus have merits, that can easily correct distracted, angular or rotational deformity of fracture site during early post-operative period, and stable fixation facilitates easily to the care of soft tissue injury. In addition, the affected limb can be elevated with balanced suspension, possible early exercise of neighboring joints.

But we have exerienced some problems during treatment of fracture with Hoffmann's transfixation method.

From February 1980 to December 1981, Hoffmann's transfixation method was employed in treatment of twenty-one patients that considered to have a poor prognosis with conversional forms of treatment.

The results were obtained as follows;

1. For correction of distracted, angular, or rotational deformity, the fracture site should be reduced accurately.
2. Hoffmann pins should be transfixed as one plane and parrallel to each other.
3. Rigidity of fixation can be increased by increasing number of pins, actually three or more pins should be applied at each fragment of fracture.
4. Hoffmann's apparatus is more complex for management, more expensive and requires skillful technique compared with other external fixation apparatus.
5. The lateral view of fracture site could not be confirmed accurately due to overlapping of Hoffmann's adjustable connecting rod and bony shadow.
6. The main cause of injuries was due to traffic accidents in 17 cases (81%), involving tibia in 18 cases, femur in 2 cases and humerus in 1 case.
7. In the sixteen cases which could be assessed, the average times for external transfixation was 13.9 weeks and then followed by early weight bearing with P.T.B. cast or brace. The average time of bony union was 26.4 weeks.
8. The final result was excellent in 7 cases, good in 5 cases, acceptable in 3 cases, poor in 1 case.

Key Words : Hoffmann's transfixation, Open fracture.

※ 본 논문의 요지는 1981년 25차 추계학술대회에서 발표하였음.

I. 서 론

심한 피부결손 및 심연부조직 손상을 동반한 개방성 골절과 분쇄골절 및 분절골절은 그 치료에 많은 문제점을 내포하고 있어, 과거부터 Pin & plaster 방법, Böhler-Brown splint를 사용한 견인방법, Charnley 외고정장치 및 Denham 외고정장치 등을 이용한 방법 등 여러가지 치료방법이 적용되어 왔다. 그러나 골절의 정복과 유지가 매우 어려울 뿐만 아니라 창상 치료시야의 제한, 골절부위의 감염, 불안정성 및 연부조직의 합병증 등으로 그 개선책이 요구되었다.

Hoffmann에 의해 처음으로 고안되고 Vidal과 Adrey에 의해 보완 개선된 Hoffmann 외고정장치는 우수한 견고성과 안정성을 가지고 있으며 압박(compression)과 이개(distraction) 및 굴곡변형(angular deformities)의 교정이 가능하며 어떠한 불안정골절에도 쉽게 적용할 수 있으며 골절을 견고하게 고정한 상태에서 피부손상이나 감염에 대한 적절한 수술과 손상골 인접관절의 조기운동이 가능한 것 등의 장점이 주장되고 있다^{1, 5, 7, 9, 12, 18, 20, 21}.

순천향병원 정형외과교실에서는 1980년 2월부터 Hoffmann 외고정술을 사용하여 치험한 결과 및 몇가지 문제점을 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

II. 증례분석

1980년 2월부터 Hoffmann 외고정장치를 이용하여 치료한 21례 중 19례는 심한 연부조직 손상을 동반한 개방성 골절이었고 나머지 2례는 비개방성 골절이었다. 21례 가운데 경골골절이 18례로 가장 많았고 대퇴골골절이 2례, 상완골골절이 1례였다(Table 1).

수상기전은 교통사고가 17례로 가장 많았으며, 그 중 9례가 보행중 차와 충돌사고였으며, 4례는 모타사이클(motorcycle)을 타고가던 중 충돌사고였으며 4례는 탑승자 사고였다. 나머지는 2례의 추락 사고와 2례의 무거운 물체에 의한 충돌사고였다(Table 2).

골절상태는 Karlström^{11, 12}과 Nicoll¹⁷ 등의 분류에 의해 3 Grade로 분류하였다(Table 3). 비개방성 경골골절 2례를 제외한 19례 중 6례가 Grade III에 13례는 Grade II에 분류되었으며 비개방성 경골골절 2례, 1례는 타병원에서 금속판 내고정술 후에 골수염으로 본원에 전원되었던 경우로 Grade II에 분류되었으며 나머지 1례는 Grade I에 속하였다.

외고정장치의 기술방법

골절부위의 개방된 상처를 충분히 세척하고 변연절제술 후 Hoffmann 외고정술을 실시하였다. 핀(pin)은 손

Table 1. Types and localization of fractures

Localization	Type	No. of cases
Tibia	Open	Comminuted segmental
		Comminuted
	Closed	Comminuted oblique
		Infected post-op.*
Femur	Open	Comminuted
Humerus	Open	Comminuted
Total		21

*Referred from a local clinic.

Table 2. Mechanism of injury

	Mechanism	No. of cases
Motor vehicle accident	Pedestrians	9 *(6)
	Riding on motorcycle	4 *(2)
	In car	4 *(1)
Fall down		2
Others	Direct blow	2
Total		21 *(9)

*() ; Heavily drunken state

상골 상·하단에 각각 삽입하고 특별한 이유가 없는 한 일측에 3 개씩 삽입함을 원칙으로 하였으나 골절의 상태나 부위 등을 고려하여 핀의 수를 조절하되 2개 이상을 삽입하였으며 각 핀의 삽입점은 guide 를 이용하여 한 평

면상의 있게 하였다. 일측에 3 개의 핀을 사용할 때, 골절 상하의 각 중앙에 삽입되는 핀은 중앙부에 나선이 있는 것을 한개씩 사용하여 이 나선이 장골의 양 피질골에 견고히 물리도록 함으로써 핀의 이동을 방지할 수 있었다. 삽입된 핀에 Hoffmann 고정감자 (fixation clamp) 4 개를 각각 부착 시키되 골간 종축 (diaphyseal axis) 에 가까울수록 견고성이 크다고^{3,20)} 하지만 창상의 처치 등을 고려하여 피부로부터 2~3 cm 떨어지도록 하였고¹²⁾, 4 개의 연결봉 (connecting rods) 을 부착한 다음 이중고정틀 (double frame system) 을 적용함으로써 견고한 고정을 유지할 수 있었다.

골절부위의 압박 (compression) 및 이개 (distraction) 는 나선연결봉 (thread adjustable connecting rods) 의 회전나사를 회전시킴으로써 가능하였으며, 각 방향으로 최소한 2 cm 의 이동이 가능하게 회전나사가 나선부위의 중앙에 위치하도록 주의하였다.

Fig. 1-1. 수술직후 다리를 거상 시키고 continuous irrigation 실시중.

Fig. 1-2. A; 수술후 X-Ray상 distraction이 보임. B; Compression 시킨후 사진.

Table 3. Grade of damage

Grade	Extent of damage to skin and soft tissues
I	Skin perforation from within out
II	Skin perforation from without in caused by direct trauma
III	Laceration of skin & muscle caused by direct trauma (sometimes associated with injury to nerves & vessels)

수술후 치료방법

술후 1 ~ 2 주간은 부종과 피부의 압박손상(compression damage)을 방지하기 위해 다리를 거상시켰다. 또 수술 직후부터 피부결손 및 연부조직 손상의 치료는 항생제를 용해한 식염수로 continuous irrigation을 시행하였고(Fig. 1-1) 매일 창상치치를 통해 붙결된 조직의 감염을 방지하고 노출된 뼈는 다발성 누공(drilling)을 형성시켜 신생육아조직의 성장을 용이하게 하였으며, 적절한 시기에 피부이식술 등을 통해 피부결손을 치료하였다. 또한 핀을 통한 감염(pin tract infection)을 방지하기 위해 3 ~ 5 일 마다 Iodine 제재의 연고를 도포하고 꺼스로 봉하였다.

외고정 후의 어떠한 굴곡변형(angular deformities)회

전변형(rotational deformities) 혹은 이개(distractio) 등은 수술 후 초기에 교정을 시도하였으며, 수술 후 1 ~ 2 주 이내에 압박에 부분적 소실이 일어나는 경우, 압박나사를 이용하여 충분한 압박을 얻도록 노력하였다.(Fig. 1-2)

Hoffmann 외고정술은 수술 2 ~ 3 일부터 관절운동을 시킬 수 있었으며 X-ray 추시는 술후 필요에 따라 수시로 하였고 일단 골절부가 안정되면 대 4 주마다 시행하였다. 가골형성이 뚜렷했을 때, 즉 보통 3 ~ 4 개월 후 연결봉을 제거하고 골절의 안정성을 검사하여, 충분한 안정성이 있으면 Hoffmann 외고정장치를 제거하였으며, 이때 보조기 내지 P.T.B. 석고붕대 고정을 통한 체중부하(weight bearing)를 허용하였다.

Table 4. Complication (4 cases)

Site	Shape of fracture	Causes	Result
Tibia (3)	Open fx. with severe soft tissue injury	Arterial injury	B-K amputation (post-op. 6th day)
	Open	Pin tract infection	Pin removed & long leg cast
	Closed	Interposition of soft tissue	Delay union—plate & bone graft
Humerus (1)	Open	Loss of stability due to technical error	Delay union—plate & bone graft

A ; 수상 직후 사진

B ; Hoffmann 외고정 장치 적용 3 개월후 (open reduction 시 soft tissue interposition을 확인하였음).

Fig. 2. 외고정 수술시 골절면 정복이 잘 안되었던 경우.

III. 결 과

Hoffmann 외고정술로 치료한 21례 가운데 원격추시가 가능하였던 16례에서 골절의 평균유합시기는 26.4주였다. 여기서 골절유합의 시기는 수상 후부터 외부보조기 등의 도움없이 완전체중부하가 가능하였던 기간으로 범위는 13주에서 57주까지였다. 또한 Hoffmann 외고정장치의 고정기간은 10주에서 22주 사이로써 평균 13.9주였다.

합병증으로는 모두 4례가 관찰되었는데 (Table 4), 1례는 경골하 1/3부위에 내측 1/4을 제외한 모든 피부 및 근육의 결손을 동반한 심한 개방성 골절로써 Hoffmann 외고정술 실시 후 혈행의 장애로 인해 수술 6일 만에 B-K amputation이 불가피하였으며 이는 혈관조형술에서 동맥의 완전한 폐색이 확인되었던 예이다. 비개방성 경골골절 1례는, 사선골절로써 도수정복 후 Hoffmann 외고정술을 실시하였으나 술후 약간의 이개 및 굴곡변형이 관찰되었으며, 수술후 3개월까지 가골형성이 보이지 않아 자가골이식술을 겸한 금속판내고정술을 실시한

A;수상직후,

B;수술 5개월후,

C;수술 7개월후(외고정 장치 제거직후)

Fig. 3. 지연유합을 보였던 상완골골절 (Hoffmann 외고정장치를 편측에만 적용).

A;수상직후

B;Hoffmann 외고정술 직후

C;수술 제 3 일, 혈관조형술 실시
(Posterior tibial art. 가 보임)

Fig. 4. Grade III의 심한 경골골절.

후 장하지석고고정을 실시하였다. 이 경우는 연부조직이 골절면 사이에 끼인 상태였음을 수술시 확인하였다. (Fig. 2). 1례의 pin-tract infection이 있었으며 이 때는 외고정 4개월 만에 핀을 제거하고 장하지석고고정을 실시하여 치료를 하였다. 또 1례의 개방성 상완골 골절

에서 지연유합이 일어났으며, 이것은 그 원인이 Hoffmann 외고정장치를 상완골의 편측에만 4개의 핀으로 고정한 후, 주관절 및 견갑관절의 조기운동을 허용하였던 바 골절부위의 충분한 안정성이 결여되었기 때문인 것으로 추측되었다 (Fig. 3).

Table 5. Definition of parameters in the follow-up examination

Factor	A	B	C
(Symptom)			
Ankle joint symptoms	None or negligible	Moderate—some loss of function	Severe—clear loss of function
Aching or pain in fracture area	None or slight Sx. on exertion	Moderate symptoms	Severe symptoms—pain at rest
Difficulty in walking	None	Mild subjective Sx.	Severe symptoms—limp
(Sign)			
Loss of knee movement	0—10 degree	10—20 degree	Over 20 degree
Loss of ankle dorsiflexion & planter fl.	0—5 degree	5—10 degree	Over 10 degree

Table 6. Relation of severity of injury to result

Grade of soft tissue injury	Excellent	Good	Acceptable	Poor	Assessable	Non-assessable	
I						1	1
II	5	5	1		11	3	14
III	2		2	1	5		6
Total	7	5	3	1	16	5	21

A; 수술직후 -distraction, angulation이 보임 B; 수술후 3개월 C; 수술 8개월후 -(pin 제거후)

Fig. 5. 외고정술시 정확한 고정이 힘들었던 예로써 지연유합이 왔음.

Hoffmann 외고정술의 결과는 Karlström^{1,12)}의 평가 기준을 참조, 골절부의 증상과 관절운동량을 중점으로 하여 평가하였다(Table 5). 즉 excellent result는 모든 지수가 A에 속하고, good result B 이상, acceptable result는 어느 한 지수만이 C이고 나머지는 그 이상의 결과인 것으로 정하였다. 그 결과 excellent 7례(4%), good 5례(31%), acceptable 3례(19%), poor 1례였다(Table 6).

VI. 고 찰

장골골절에 금속외고정장치(external fixation device)는 1907년 Lambott가 transfixation pin을 사용한 것이 효시로 되어있으며 이후 Anderson(1934), Judet(1934), Hoffmann(1938), Stader(1942) 등이 각기 특유의 외고정장치를 고안하였다. 1938년 Hoffmann이 외고정장치를 개발 처음에는 Osteotaxis라고 불렀다^{3,6)}. 이 Hoffmann 외고정장치는 1968년 Vidal & Adrey에 의해 transfixation pin과 double frame을 사용함으로써, 단순한 Hoffmann 고정장치 보다 그 안정성이 40배 이상으로 증가함을 생역학적으로 밝혔다¹²⁾.

Hoffmann 외고정술을 다른 수술방법과 비교해 볼 때 본 교실에서 경험했던 바 그 장점을 들어보면,

첫째 : 교정이 견고하고 그 상처부위를 노출시켜 치료를 용이하게 할 수있을 뿐 아니라 피부이식술, 근성형술 등을 가능하게 한다. Karlström 등은 개방성 골절의 외고정이 견고하지 못하면 골절면의 감염율과 핀 주위 육아조직이 쉽게 감염된다고 하였다^{16,22)}.

둘째 : 수술 직후부터 손상부위를 거상시킬 수 있고 술 후 2~3일부터 골절 인접관절의 운동을 가능하게 함으로써 관절강직과 혈전증 등의 합병증을 예방할 수 있다^{1,7,15)}.

셋째 : 더우기 술 후 골절부위의 압박 및 이개가 가능하며, 회전변형 굴곡변형등을 교정할 수 있게한다. 이것은 Hoffmann 외고정술의 가장 특징적인 장점이라 생각한다^{1,12,20,22)}.

넷째 : 심한 연부조직 및 신경 혈관 손상을 동반한 개방성골절에서, 절단여부 등 예후가 불확실하여, 결정적인 치료가 지연되고, 혈관조형술 등으로 좀 더 관찰과 확인이 필요할 때 일시적 고정방법으로 사용이 가능하다¹⁾(Fig. 4).

다섯째 : Hoffmann 외고정장치를 시술후 골절부위가 안정되고 견고한 외고정이 유지됨으로, 체중부하가 가능하고 완전한 골유합 이전에도 조기 보행을 시작 할수 있다.

여섯째 : 그 밖에 불안정한 골반골절^{13,14)}, 고관절, 슬관절^{4,19)} 등과, 상·하지 어느 곳이나 적용할 수가 있으며, ^{13,14,19)} 또한 감염된 부전유합²⁰⁾ 및 불안정관절 등에도 다양하게 적용할 수 있다.

일곱째 : Hoffmann 고정감자 (Hoffmann fixation clamp)를 풀고 골절의 안정성을 검사하여 만일 더욱 더 교정이 필요하면 손쉽게 연결봉을 다시 적용할 수있다.

그러나 Hoffmann 외고정장치의 가장 특징적인 장점으로, 술 후 이개 굴곡변형 및 회전변형 등의 교정이 가능하다고 하지만, 골절면의 정확한 정복이 이루어지지 않았을 때는 수술후의 교정이 힘들었으며, 때로는 교정이 안될 뿐만아니라, 특히 골절면이 분쇄상이거나 사선 일때는 더욱 어려웠다(Fig. 5). 본 교실에서 치료 례가 많지 않았지만, Ruskin 등은 경골골절에서, 골절면의 정확한 정복이 가능하고 압박교정을 할 수 있었던 경우(5.1 months)와 이것이 불가능 하였던 경우에 평균 골절유합 기간(8.2 months)에 상당한 차이가 있음을 보고하였다²²⁾.

또한 Hoffman 핀을 적용할 때, 골절부위의 상·하단에 각각 삽입하는데, 보통 일측에 3개의 핀을 guide를 사용하여 한 평면을 이루도록 유의해야 하며^{3,10,12,13)}, 이때 각 핀이 근육이나 인대 등에 걸려 말려들지 않게 주의해야 한다. 상·하단에 적용하는 핀 수는 3개 이상씩이어야 충분한 안정성을 부여하는 것으로 입증되었고^{3,6,12)} 4개 혹은 그 이상의 핀을 적용하면 안정성은 증가도나 골절부위 및 상태에따라 여러개의 핀을 삽입하기 어려울때가 많다. 골절면에 가장 가깝게 적용하는 핀의 골절면에서 거리는 최소한 3cm가 되게 적용함이 좋다고 하는데¹³⁾, 골절면이 긴 사선이거나 분쇄상 혹은 관절면을 포함한 경우일 때는 문제가 되겠다.

본 교실에서 경험한 바로는, 핀을 2개씩 적용했을 때는 그 견고성이 부족하여 안정성이 저하되었으며, 편측에만 Hoffmann 고정틀을 적용하였던 상완골 치료에서 안정성이 부족, 지연유합의 원인이 되었고, 또한 수기상의 잘못으로 골절 양쪽에 모두 단일 고정틀 만으로 고정 하였던 경우 견고한 고정이 되지않았으며 수술후 굴곡과 회전 등의 변형을 교정하기가 어려웠다.

Hoffmann 외고정술은 Grade II, III이상인 심한 개방성 골절 치료에는 좋은 적응증이 될 수있고 그 결과도 이외로 좋다고 보고하였다^{1,5,6,11,12,17,22)}.

심하지 않은 개방성 골절에서 비교적 골절면이 단순한 횡선골절일 때는 다른 치료방법으로도 역시 좋은 결과를 얻을수 있겠다. 실제로 Charnley 외고정장치, Denham 외고정장치, pin & plaster 내지, S. Inoue 등이 기술한 pin & resin⁸⁾ 등은, Hoffmann 외고정장치와 같은 다양한 장점에는 못미치나, 그 수술 조작은 매우 간편하다고 하겠다^{2,8)}.

V. 결 론

순천향병원 정형외과교실에서 1980년 2월부터 1981년 12월 사이, 심한 피부결손 및 심연부조직 손상을 동반한 개방성 장골골절 21례에 Hoffmann 외고정술을 시술하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Hoffmann 외고정술은 골절을 정복하고 견고한 외고정을 유지함으로, 개방창을 용이하게 치료할 수 있을 뿐 아니라, 술후 초기에 인접관절의 운동을 가능하게 하여 관절강직과 혈전증 등의 합병증을 예방할 수 있고, 술후 골절부위의 이개 회전 및 굴곡변형 등을 비교적 용이하게 교정할 수 있으며, 초기 체중 부하를 가능하게 하였다.

2. Hoffmann 외고정술의 시술상 가장 중요한 것은 가능한 한 골절면의 정확한 정복이며 그렇지 못하면 술후 이개 굴곡 및 회전변형 등의 교정조작이 매우 어려웠다.

3. 골절 양단에 Hoffmann 핀을 적용 할 때, 서로 평행하게 한 평면을 이루도록 삽입하여야 그 안정성이 클 뿐 만아니라 술후 교정조작이 용이하였다.

4. 골절부위와 골절상태에 따라 핀의 적용이 어려울 때가 있었으나, 각 골단에 3개 혹은 그 이상의 핀을 적용하였을 때 충분한 안정성을 얻을 수 있었다.

5. Denham 혹은 Charnley 외고정장치, Pin & Plaster 등과 같은 다른 외고정장치 보다 수술 수기가 비교적 복잡하기 때문에 술자의 숙련이 필요하고, 또한 더 고가이다.

6. Hoffmann 씨 외고정장치는 나선연결봉(threaded adjustable connecting rod)이 겹쳐있어 X-ray 측면상 촬영이 힘들고 잘 보이지 않았다.

7. 손상원인은 교통사고가(81%)로 제일 많았고, 전체 21례의 손상부위는 경골골절 18례, 대퇴골골절 2례, 상완골골절 1례였다.

8. 원격추시가 가능하였던 16례에서 경골골절이 13례로 80% 이상이었으며, 외고정 적용기간은 10~22주 사이로 평균 13.9주였으며, 골유합 기간은 13~57주 사이로 평균 26.4주였다.

Hoffmann 외고정술로 치료한 21명 가운데 원격추시가 가능하였던 16례에서 최종결과는 excellent 7례, good 5례, acceptable 3례, poor 1례였다.

REFERENCES

1) 김봉진, 유명철, 안진환, 오명환, 정인화 : Hoffmann 씨 외고정장치를 이용한 골절치료. 대한정형외

과학회지, 제 14권, 제 4호; 634-642, 1979.

- 2) 최창욱, 김학현 : 경골골절의 경피금속정 및 석고고정. 순천향의대 논문집 : 제 1권 제 1호; 25-29, 1978.
- 3) Brian, T. Briggs., Edmund, Y.S. Chao. : *The mechanical performance of the standard Hoffmann-Vidal external fixation apparatus. J. Bone and Joint Surg. 64-A, 566-573, 1982.*
- 4) Charnley, J.C. : *Positive pressure in arthrodesis of the knee joint. J. Bone and Joint Surg. 30-B, 478-486, 1948.*
- 5) Edmonson, Allen., Crenshaw, A.E. : *Campbell's operative orthopaedics. Vol. one, 531-532, The C.V. Mosby Co., 1980.*
- 6) Fellander, Mac. : *Treatment of fracture and pseudoarthroses of the long bones by Hoffmann's transfixation method (Osteotaxis). Acta Orthop. Scandinavia, 33:132-150, 1963.*
- 7) Ger, Ralph. : *The management of open fracture of the tibia with skin loss. J. Trauma, 10:112-121, 1970.*
- 8) Inoue, S., Ichida, M., Imai, R., Suzu, F., Ohasi, T., Sakakida, K. : *External skeletal fixation using methyl methacrylate technique and indication with clinical report. International Orthop. (SICOT). Vol. 1. No. 1 : 64-69, 1977.*
- 9) Johnson, H.F. and Stovall, S.I. : *External fixation of fractures. J. Bone and Joint Surg. 32-A, 446-467, 1950.*
- 10) Jorgenson, T.B. : *Measurements of stability of crural fracture treated with Hoffmann Osteotaxis. Acta Orthop. Scandinavia, 43:188-218, 1972.*
- 11) Karlström, Goran and Olerud, Sven. : *Fracture of tibial shaft. A critical evaluation of treatment alternatives. Clin. Orthop. 105:82-115, 1974.*
- 12) Karlström, Goran and Olerud, Sven. : *Percutaneous pin fixation of open tibial fractures, Double frame anchorage using the Vidal-Adrey method J. Bone and Joint Surg. 57-A, 915-924, 1975.*
- 13) Mear, Dana. C. : *Materials and orthopaedic surgery. 412-479. Baltimore, The Williams & Wilkins Co., 1979.*
- 14) Mear, Dana. C. and Freddie, H. Fu : *Modern concepts of external skeletal fixation of pelvis, Clin. orthop. 151:65-72, 1980.*
- 15) Mendes, J.E., Cabral, A.T., Lima, C. : *Open fracture of the tibia. Clin. Orthop. 156:98-104, 1981.*

- 16) Naden, J.R. : *External skeletal fixation in the treatment of fracture of the tibia. J. Bone and Joint Surg.* 31-A:586-598, 1949.
- 17) Nicoll, E.A. : *Fracture of tibial shaft, A survey of 705 cases. J. Bone and Joint Surg.* 46-B: 373-387, 1964.
- 18) Olerud, Sven : *Treatment of fractures by the Vidal-Adrey method. Acta Orthop. Scandinavia*, 44:516-631, 1973.
- 19) Phillips, Howard T. and Mear, Dana. C. : *Knee fusion after external skeletal fixation after an infected hinge prosthesis. Clin. Orthop.* 151:147-151, 1980.
- 20) Ramon, B. Gustilo. : *Management of open fracture and their complication Vol. IV in the series, W.B. Saunders. Co., 70-93, 1982.*
- 21) Rockwood and Green. : *Fractures: Vol. 2.: 1285-1352, J. B. Lippincott. Co., 1975.*
- 22) Ruskin, B. Lawyer, Jr. and Lawrence, M. Lubbers. : *Use of the Hoffmann's apparatus in the treatment of unstable tibial fractures. J. Bone and Joint Surg.* 62-A: 1264-1273, 1980.