

골결손을 동반한 감염성 불유합에 대한 Ilizarov를 이용한 치료

경북대학교 의과대학 정형외과학교실

인주철 · 박병철 · 박일형 · 경희수 · 오창욱 · 조진흠

= Abstract =

Treatment of Infected Nonunion with Bone Defect with Ilizarov Lengthening Apparatus

Joo-Chul Ihn, M.D., Byung-Chul Park, M.D., Il-Hyung Park, M.D., Hee-Soo Kyung, M.D.,
Chang-Wug Oh, M.D. and Jin-Hum Cho, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine,
Kyungpook Nation University, Taegu, Korea*

From June 1993 to May 1997, 12 patients aged from 13 to 41 years were treated for infected nonunion with bone defect by the Ilizarov technique. Of 12 cases, 9 cases were tibia and 3 cases were femur. The causes of nonunion were open comminuted fractures with initial bone loss and bone defect after removal of sequestrum. Infection was managed by radical resection of the infected necrotic bone and insertion of antibiotics mixed cement beads. Bony defects were gradually closed by the Ilizarov's internal bone transport technique, and final equalization of leg length inequality was achieved by means of external lengthening technique. Corticotomies were performed at the proximal level(7), at the distal level(5). The average obtained length averaged 4.8cm in length and healing index averaged 67.4days/cm. According to Paley and Catagni's classification bony and functional results were either excellent or good except 1 case (nonunion, poor bony result). The complications (divided by Paley to 3 categories: problems, obstacles, complications) were pin tract infection(8), pain(5), mild flexion contracture of joint(1),

* 통신저자: 오 창 욱

대구광역시 중구 삼덕2가 50번지 (700-412)

경북대학병원 정형외과

Tel: 053-420-5630 Fax: 053-422-6605

* 본 논문은 제23차 대한골절학회 추계 학술대회에서 구연되었음.

delayed consolidation(3), soft tissue impingement(2), joint stiffness(3) and nonunion(1). We concluded that Ilizarov technique was very effective for treatment of infected nonunion with bone defect and soft tissue defect.

Key Words : Infected nonunion, bone defect, Internal transport, Ilizarov

서 론

하지골의 감염성 불유합은 골절 치료후에 발생하며 환자뿐 아니라 의사에게도 치료에 대한 많은 어려움을 주는 질환이다. 또한 골결손과 하지단축을 동반한 경우에는 감염의 치료만으로는 환자의 치료에 만족한 결과를 얻을 수 없는 것이 사실이다. 한편 경골의 경우 연부조직의 손상을 동반하는 경우가 많아 더욱 더 치료가 힘들고 그 기간이 길어진다. 감염성 불유합의 치료에 많은 방법이 소개되어왔지만, 내적 고정술 및 골이식술은 골 길이의 단축, 골수염의 병발 및 재발 등의 많은 합병증을 초래하여 최근에는 Ilizarov 체외고정기구를 이용하여 불유합 및 골결손을 치료하는 발전을 가져오게 되었다⁸⁾. 또한 Ilizarov 체외고정기구는 관절운동과 체중부하를 같이 할 수 있는 장점이 있어 최근 더욱 많이 사용되고 있다.

이에 저자들은 1993년 6월부터 1996년 5월까지 경북대학병원 정형외과에서 Ilizarov 외고정기구를 이용하여 골결손이 있는 하지 장관골의 감염성 불유합 환자 12례를 대상으로 임상적 및 방사선적 소견을 추시하고 이를 문헌 고찰과 더불어 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

1993년 6월부터 1996년 5월 까지 경북대학병원 정형외과에서 Ilizarov 외고정기구로 치료한 대퇴골과 경골의 골결손증을 동반한 감염성 불유합의 환자 12명을 대상으로 하였다.

연령분포는 13세부터 41세까지 평균 27세였고 성별 분포는 남자가 11명으로 대부분을 차지하였다. 추시기간은 최단 1년2개월에서 최장 3년까지 평균 22

개월이었다.

골수염 및 골결손의 선행원인은 교통사고가 11례, 추락사고가 1례였고, 대퇴골 3례, 경골이 9례이었다. 골절당시 11례에서 개방성 골절이었으며, Gustilo 분류에 따라 나누었을 때 type II 3례, type IIIA가 2례, type IIIB가 5례 그리고 type IIIC가 1례였다. 동반된 손상으로 동측 하지에 골절을 동반한 경우가 5례이었다.

골결손의 원인으로는 최초 수상과 부골제거술이 동반된 경우가 8례, 골수염의 부골제거술에 의한 경우가 4례였으며, 경골의 경우 연부조직의 결손은 최소 2 x 3cm에서 최대 4 x 7.5cm이 이었다(Table 1).

2) 연구방법

각 환자에 대한 골연장 길이(obtained length), 연장률(percentage of increment = increased length/total length of long bone x 100), 치유지수(healing index), 골 유합 유무 및 그 기간 그리고 술전 및 술후의 슬관절 및 족관절의 운동범위를 조사하였다. 결과의 판정은 Paley 등¹⁶⁾에 의한 골적 결과와 기능적 결과를 이용하여 각각 우수(excellent), 양호(good), 보통(fair), 불량(poor)으로 나누어 평가 하였다(Table 3).

3) 치료

농이 배출되었던 10례에서는 항생제를 함유시킨 골시멘트를 사용하고 부골을 제거하여 농배출의 억제와 감염을 치료하였으며, 사골(sequestrum)만 있어 불유합이 생겼다고 생각한 2례에서는 부골 제거술만을 시행하였다. 농의 원인되는 균으로는 staphylococcus aureus가 7례, pseudomonas가 2례, enterococcus가 1례였다. 부골 제거술은 술전 방사선 사진과 골주사 소견 및 수술 시야에서 골의 육안적 소견과 골의 출혈 소견을 고려하여 사골의 범위를 정

Table 1. Data from preoperative assessment.

Case No.*	Sex/Age (Yrs)	Fracture type	Cause of bone injury [#]	Initial Tx.*	NO. of previous OPs.	Time from Fx. to Tx.(Mo)	Target length (cm)	Soft tissue defect size(cm)
1	M/13	openIIIA	TA	EF	2	5	2.5	2×3
2	M/17	openII	TA	IM/EF	8	11	3	2.5×4
3	F/19	openIIIB	TA	EF	3	4	8	4×7.5
4	M/19	openIIIA	TA	EF	5	6	7	3×4
5	M/20	openIIIA	TA	IM	4	18	6	2×10
6	M/24	openIIIC	TA	EF	4	5	2.5	3×5
7	M/36	openII	TA	EF	3	3	10	1.5×3
8	M/37	openIIIB	TA	EF	3	3.5	6	2.5×5
9	M/39	openIIIB	TA	EF	4	4	5	2×6
10	M/24	openII	TA	EF	7	7	3.5	-
11	M/40	openIIIB	TA	EF	7	5	5.5	1×2
12	M/41	closed	FD	IM/EF	12	53	8	-

* case No. 1~9: tibia, 10~12: femur

[#] TA-traffic accident, FD-fall down

* EF-external fixator, IM-intramedullary nail

Table 2. Data from operative technique.

Case No.	Corticotomy site	Latency D.* from pin site(cm)	Lengthening period	Docking site type [#]	Soft tissue bone graft	Tx.
1	prox.	1.5	6	I	-	2° closure
2	prox.	1	7	I	-	2° closure
3	dist.	4	7	I	+	flap
4	prox.	1	7	I+E	+	flap
5	prox.	-	8	I	+	flap
6	dist.	6	7	I	-	flap
7	dist.	0.5	7	I	+	flap
8	prox	5	8	I	+	flap
9	prox	0	11	I+E	+	2° closure
10	prox	1	10	I+E	-	-
11	dist	0.5	7	I	-	2° closure
12	dist	1	7	I+E	+	-

* D.-distance

[#] I-Internal lengthening E-External lengthening

Table 3. Criteria for result.

Bone results	
Criteria	: union, infection, deformity, leg-length discrepancy
Excellent	: union, no infection, deformity of less than 7° and length discrepancy of less of 2.5 cm in tibia
Good	: union plus any two of the others
Fair	: union plus one of the others
Poor	: nonunion or refracture or none of the others
Functional results	
Criteria	: significant limp, equinus rigidity of the ankle, soft tissue dystrophy, pain, and inactivity
Excellent	: active individual with none of the other four criteria
Good	: active individual with one or two of the other four criteria
Fair	: active individual with three of four of the other criteria or an amputation
Poor	: inactive individual

(adapted from Paley, et al : Ilizarov treatment of tibial nonunion with bone loss, Clin Orthop, 241:146-165, 1989)

Table 4. Analysis of the results.

Case No.	Obtained length	H.I. [#] (days/cm)	P.I. [*] (%)	Union time (months)	Bone results	Functional results
1	2.5	84	8	6	excellent	excellent
2	3	50	7	3.5	excellent	good
3	8	33.7	18	6	good	good
4	4	45	9	3.5	good	good
5	6	-	14	-	poor	good
6	2.5	100	6	7	excellent	good
7	7	55.7	16	10	good	good
8	5	96	11	13	excellent	good
9	4.5	86.6	10	12	excellent	good
10	3.5	94.2	8	9	excellent	good
11	5.5	54.5	13	7	excellent	good
12	10	41.2	19	8	excellent	good

[#] H.I- healing index,

^{*} P.I- percentage of increment

하였다. 사골의 제거 시기는 Ilizarov 장착전에 실시한 경우가 7례, 장착시 같이 또는 그후에 실시한 경우가 5례였다.

피질골 절골술은 경골의 경우 근위부가 6례, 원위부가 3례에서 실시하였고, 대퇴골은 근위부 1례, 원위부 2례에서 실시하였다. 골연장술의 시기는 7례에

서 피질골 절골술후 7일부터 시작하였으며 나머지는 술후 6일에서 10일부터 시행하였다. 골연장 속도는 1mm/day를 4회에 나누어 시행하는 것을 기본으로 하였으며 방사선 추시를 시행하여 가골형성이 지연될 경우에는 골연장 속도를 늦추었다. 골내 이동술만 시행한 예는 8례였고, 골내 이동술을 이용하여 골

Table 5. Complications.

		No
problems	pin tract infection	8
	pain	5
	delayed consolidation	3
	joint flexion contracture	1
obstacles	soft tissue impingement	2
complications	joint stiffness	3
	nonunion	1

결손을 해결하고 외부연장술로 길이 연장을 한 경우가 4례였다(Table 2). Ilizarov 기구의 제거는 골신연부의 골경화 소견이 있고 파절골화 되었을 때 실시하였다.

결 과

Ilizarov 외고정을 시행 기간은 5개월에서 16개월로 평균 7.6개월이었다. 골연장술의 길이는 2.5cm에서 최대 10cm로 평균 4.8cm 이었다. 치유지수(healing index)는 최소 33.7days/mm에서 최장 100days/mm로 평균 67.4days/cm 이었다(Table 4).

결과는 Paley와 Catagni의 분류에 의해 골적 결과(bony result)와 기능적결과(functional result)로 나누었다.

골적결과는 골유합(union), 감염(infection), 변형(deformity) 및 하지부동(leg-length discrepancy)의 4가지 기준으로 다시 세분하였는데, 본 연구에서는 골유합 11례, 불유합 1례가 있었고, 사지부동이 2.5cm이상인 경우가 2례 있었다. 불유합이 있었던 1례에서는 Ilizarov를 제거하고 금속판고정 및 골이식을 하여 골유합을 얻었는데 이를 종합할 때 우수 8례, 양호 3례, 불량 1례였다.

기능적 결과는 파행(limping), 관절의 굴곡구축(flexion contracture of joint), 연부조직 이영양증(soft tissue dystrophy), 동통(pain), 비활동성(inactivity)의 5가지 기준으로 다시 세분하였는데, 저자들의 예에서는 우수 1례, 양호 11례였다(Table 4).

합병증은 paley¹⁵⁾의 분류에 따라 문제점(problem), 방해점(obstacle) 및 합병증(complication)으로 나누었다. 문제점은 치료과정중 보존적 요법으로 치유가 가능했던 경우로 강선 삽입부 염증이 8례, 동통이 5례, 신연부 지면 골경화가 3례, 그리고 관절의 굴곡구축이 1례 있었고, 방해점(obstacle)은 치료과정중 수술적 방법으로 치유가 가능했던 경우로, 연부조직의 끼임(soft tissue impingement)이 2례 있었다. 합병증(complication)은 치료 종결시 까지 해결되지 못한 경우로 불유합이 1례, 관절강직이 3례 있었다(Table 5).

증례 예시

증례 1.

37세 남자 환자로 교통사고에 의한 우측 경골 개방성 골절(Gustilo type IIB)로 내원 하였다(Fig 1-A). 본원에서 금속외고정술 시행하였으나 골절부위에서 농이 형성되어 3차례에 걸쳐 배농술 및 항생제를 첨가한 골시멘트정 삽입술을 시행하였다(Fig 1-B). 당시 2.5×5cm의 연부조직 결손이 있었으며 골감염이 지속되어 수상후 6개월만에 사골제거술 시행하고 6cm의 골결손에 대해 Ilizarov 기구에 의한 골이동술 시행하였다(Fig 1-C). 근위부 파절골 절골술후 7일째부터 골 연장술(1mm/day)과 능동적 관절운동 시작하였으며 술후 4주째 방사선 검사상 정상적 가골형성이 확인된후 계속하여 골연장술을 시행하였다. 골 연장 길이는 5cm, 연장을 11%이었으며 치유지수는 96days/cm이었고 즉근관절 운동범위는 0도에서 후속굴곡 50도였다(Fig 1-D).

증례 2.

24세 남자 환자로 교통사고에 의해 좌측 대퇴골 개방성 골절(Gustilo type II)로(Fig 2-A) 외부 병원에서 금속외고정술 시행하였으나 급성 신부전으로 본원으로 전원되었다. 수상후 2주만에 골감염되고 농이 형성되어 7차례에 걸쳐 배농술 및 항생제를 첨가한 골시멘트정 삽입술을 시행하였다(Fig 2-B). 당시 1×2cm의 연부조직 결손이 있었으며 골감염이 지속되어 수상후 7개월만에 외고정장치 제거하고 사골 절제술 시행하였으며 3.5cm의 골결손에 대해 Ilizarov

기구에 의한 골이동술 시행하였다(Fig 1-C). 근위부 피질골 절골술후 10일째부터 골연장술 시작하였으며 술후 11개월만에 Ilizarov 제거하였다. 골연장 길이는 3.5cm, 연장을 8%, 치유지수는 94.2days/cm이었으며 슬관절 운동범위는 5도에서 120도였다(Fig 2-D).

고 찰

장관골의 감염성 불유합은 광범위하고도 정확한 양의 부골제거가 치료의 중요한 원칙이 되는데 이는 골결손을 동반케 하므로 하지골의 경우 단축및 변형

과 이로인한 파행과 하지부동으로 치료의 어려움을 가져왔던 심각한 질환이다. 특히 외상으로 인한 골절후에 발생하는 장관골의 불유합은 최초 수상시 개방성 골절과 심한 외력에 의한 골편의 소실 또는 분쇄골절등으로 더욱 많은 골결손을 초래하는 경우가 많고 경골의 경우 연부조직의 결손까지 동반하는 예가 많아 그 치료가 매우 어렵게 된다.

여러 차례의 소파술과 부골 제거술로 생긴 골결손의 치료방법에는 자가골 또는 동종골의 이식술후 내 고정하는 방법, 골이식후 전기자극치료, 미세수술을 이용한 혈관부착 생골 이식술등 여러방법들이 발전해왔으나 이들은 많은 양의 골결손으로 인한 하지 단

Fig 1.

- A.** Thirty seven year-old male sustained right tibia open gradeIIIB midshaft fracture.
- B.** External fixation with Extor for initial treatment
- C.** Six months after initial treatment, sequestrectomy and application of Ilizarov lengthening apparatus was done. Target length was 6cm and proximal corticotomy was done.
- D.** Postoperative 14months, X-ray was showed complete bony union.

Fig 2.

- A.** Twenty four year-old male sustained left femur open gradeII midshaft fracture.
- B.** After external fixation antibiotics mixed bone cement was inserted.
- C.** Seven months after initial treatment, sequestrectomy and application of Ilizarov lengthening apparatus was done. Target length was 3.5cm and proximal corticotomy was done.
- D.** Postoperative 10months, X-ray was showed complete bony union.

축이나 각변형 등의 골변형은 교정하기가 힘들고, 인접관절의 강직이나 연부조직의 위축및 불용성 골조송증 등의 문제점을 남겼다. 또한 뚜렷이 보이지 않는 감염이 남아 있을때 내고정물을 사용하여 고정을 할 경우에는 감염의 잔존 또는 재활성화를 일으키는 예도 많은 것이 사실이다.

위의 방법을 대신하여 최근 많이 사용되는 Ilizarov 술식은 신연골형성술(distraction osteogenesis)개념에 의한 골연장 방법으로 장관골의 한쪽 또는 양쪽에서 피질골의 절골술후 골편을 싸고 있는 연부조직과 함께 결손이 있는 방향으로 점진적으로 이동시켜 추가적인 골이식술이 없이도 골과 연부조직의 결손을

복구할 수 있는 방법이다⁴⁾. 또한 이는 다른 치료 방법과는 달리 골결손 뿐아니라 골변형을 동시에 교정할 수 있고 관절운동과 함께 체중부하를 피할 수 있는 장점이 있어 많이 사용되고 있다. 하지만 이의 단점으로는 골유합이 되기까지는 많은 시일이 요구되고 외고정기구의 장착으로 인한 환자의 미용상 불편함과 실질적인 보행의 장애등이 있고 골이동술후 정확한 골접촉이 어렵거나 골유합이 일어날 수 있는 단면적이 작아 골유합이 지연되는 경우가 많으며, 변형이 있을 경우 복잡한 기술상의 난점을 갖는 것 등이 있다.

Cattaneo등⁸⁾은 장골의 감염증의 제거는 살아있지

많은 조직의 철저한 변연절제술이 가장 중요한 수술 원칙이라 하였는데 저자들에서도 광범위한 부골제거술(sequestrectomy)과 함께 국소적인 항생제의 투여 또는 항생제 함유 골시멘트정의 삽입으로 대부분 예에서 만족할 만한 결과를 얻었다.

감염성 불유합의 치료적인 목표는 감염의 제거와 함께 골유합의 완성을 얻어 사지절단의 예방과 사지의 기능을 유지 하는데 있는데¹²⁾, Paley등¹⁶⁾은 경골의 감염성 불유합을 Ilizarov 외고정기구로 치료한 결과 100%의 골유합율과 10.6개월의 골유합을 보고 하였으며, Cattaneo등⁸⁾도 Ilizarov 기기를 이용하여 좋은 결과를 보고하였는데, 저자들의 경우에서는 12례중 1례의 불유합과 평균 8.4개월의 골유합기간을 얻을 수 있었다.

접촉부의 골유합은 Aronson 등⁴⁾에 의하면 접촉골단 사이에 끼이는 연부조직의 이행성에 의한 골형성, 즉 변형골형성(transformational osteogenesis)에 의한다고 하였는데 Ilizarov 기기가 안정되고 양측의 골단의 접촉이 좋다면 6개월 이내에 이루어지는 것이 보통이라고 하였다. 그러나 저자들의 경우 12례중 7례에서 지연유합, 1례에서 불유합이 있었는데 이는 골결손의 크기가 커서 장시간의 골이동이 있었던 경우나 골단 접촉이 좋지 못하여 늦어진 결과로 생각된다. 저자들은 총 12례중 8례에서 골접촉부(docking site)의 골이식을 시행하였는데 골유합의 징후가 추시 사진상에 보이지 않으면 초기에 골이식술을 시행하는 것도 외고정 장치를 빨리 제거하는 방법이 된다고 하였다¹⁾.

골 신연의 방법으로는 내부적 연장술과 외부적 연장술로 나누는데 본 증례들에서는 내부적 골이동술만을 사용한 경우가 8례였고, 4례에서는 초기 내부 연장술로 골결손을 해결한 다음 외부 골연장술로 길이를 회복하였다.

평균연장길이는 4.8cm 이었고 전례에서 이중 골유합술(bifocal treatment)을 사용하였는데, Bell등⁶⁾은 길이가 긴 골연장술을 할 때에는 단일 절골에 의한 연장술을 원칙으로 한다고 하였으며, Cattaneo등⁸⁾은 8cm 이상의 연장은 한번의 치료로 할 경우 관절의 아탈구 또는 강직, 각변형 등의 합병증의 빈도가 높아져 주의가 요한다고 하였으며, Kawamura등¹⁴⁾은 15% 이상 연장하지 않는 것이 신경증상 등의 합병증

을 줄이는 방법이라 하였다. 저자들의 경우 8cm 이상 연장한 2례에서 관절의 아탈구나 신경증상은 없었다.

Paley 등¹⁶⁾은 경골의 불유합 25례를 내적, 외적 골연장술로 치료하여 그결과를 골적 결과, 기능적 결과로 나누었는데 골적 결과는 골유합, 감염, 골변형, 하지부동등 4가지로 다시 나누고, 기능적 결과는 파행, 족관절 침착 변형, 연부조직 이영양증, 동통, 비활동성으로 나누어 분석하였다. 저자들도 이를 이용하여 분석하였는데 골적 결과는 우수 8례, 양호 3례, 불량 1례였으며 기능적 결과는 우수 1례, 양호 11례였다. 골적 결과에서 불량을 보인 1례는 불유합이 발생했던 경우로 최초 수상후부터 Ilizarov술식 전까지 장기간의 골감염과 부골의 일부 잔류로 인해발생된 것으로 생각되며 골유합을 위해 Ilizarov외고정장치 제거후 일부 잔류된 부골을 절제하고 금속판 내고정 및 골이식을 시행하였다.

신연부 지연 골경화가 발생한 3례에대해서는 환자의 나이, 절골위치 등의 관련요소들과 상관관계를 서로 비교하였는데, 3례 모두 경골에서 발생하였으며 이중 2례가 절골위치와 Ilizarov시행전 외고정 장치의 편 위치 사이의 거리가 1cm 이내로 근접해있었다. 증례는 적지만 이는 피질골의 골막이 이전 외고정장치의 편에의해 손상될 수 있음을 보여주는 것이다.

Ilizarov 시행후 다수의 합병증이 발생됨을 볼 수 있었는데 강선 삽입부 염증이나 관절강직등은 비교적 발생빈도가 높은 경우로 앞으로 개선되어야 할 점으로 생각된다.

요약 및 결론

1. Ilizarov외고정장치를 이용한 골결손이 있는 장관골의 감염성 불유합의 치료는 매우 유용한 방법이며 다른 치료방법에 비해 많은 장점이 있다고 생각된다.

2. 골편의 접촉(docking)이 이루어진후 실제로 6개월 이내에 골유합을 이루기는 어려웠으나 가급적 접촉면적을 넓히고 초기 골이식을 시행하는 것이 유리할 것으로 생각된다. 특히 일시에 광범위하며 철저

한 부골제거를 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

3. 크고 작은 연부 조직의 결손은 12례 중 10례에서 있었으며 이 중 6례에서는 근육 피판술을 시행하였다. 연부조직의 결손이 2×3cm 이하로 비교적 작은 경우나 근육 피판술을 시행하기 어려운 경우에 있어서는 Ilizarov 신연술에 의한 연부조직 신연만으로 치료하였다.

REFERENCES

- 1) 조덕연, 고은성, 공석초 : Ilizarov 기구를 이용한 대퇴골 감염성 불유합의 치료. *대한골절학회지*, 9:899-906, 1996.
- 2) 최원식, 이광원, 김환정, 신현대, 나기승 : Ilizarov 기구를 이용한 장관골의 감염성 골결손의 치료. *대한정형외과학회지*, 28:2581-2588, 1993
- 3) 허현, 서승석, 유현덕, 김영창, 최장식, 이영구 : Ilizarov 기구를 이용한 경골 골결손의 치료. *대한정형외과학회지*, 30:975-982, 1995
- 4) Aronson J, Jhonson E, and Harp JH : Local bone transportation for intercalary defects by the Ilizarov technique. *Clin orthop*, 218:71-79, 1989.
- 5) Bach AW and Hasen ST : Plate versus external fixation in severe open tibial shaft fractures. *Clin Orthop*, 241:89-94, 1989.
- 6) Bell DF, Boyer MI, and Armstrong PF : The use of the Ilizarov technique in the correction of limb deformities associated with skeletal dysplasia. *J Ped Orthop*, 12:283-290, 1992.
- 7) Brighton CT, Black J, Friedenberg ZB, Esterhai JL, Day LJ and Connolly JF : A multicenter study of the treatment of nonunion with constant direct current. *J Bone and Joint Surg*, 63-B:2, 1992.
- 8) Cattaneo R, Catagni M and Johnson EE : The treatment of infected nonunion and segmental defects the tibia by methods of Ilizarov. *Clin orthop*, 280:143-152, 1992.
- 9) Clancey GJ and Hansen ST : Open fractures of the tibia. A review of One Hundred and Two. Cases. *J Bone Joint Surg*, 60-A:119-122, 1978.
- 10) De Bastini GD, Aldegheri R, Renzi Brivio L, and Trivella G : Chonardiodiastasis-controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate: limb lengthening in children. *J Bone Joint Surg*, 68-B:550-556, 1986.
- 11) Edge AJ and Denham RA : External fixation for complicated tibial fractures. *J Bone Joint Surg*, 63-B:92-97, 1981.
- 12) Freeland AE and Mutz SB : Posterior bone-grafting for infected ununited fracture of the tibia. *J Bone Joint Surg*, 58A:653-657, 1976.
- 13) Ilizarov GA : Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop*, 250:8-26, 1990.
- 14) Kawamura B, Hosono S, and Takahashi T : The principles and technique of limb lengthening. *Int Orthop*, 5:59-83, 1981.
- 15) Paley D : Problems, obstacles, and complication of limb lengthening by Ilizarov technique. *Clin Orthop*, 250:81-97, 1990.
- 16) Paley D, Catagni MA, Argani F, Villa A, Bennedetti GB, and Cattaneo R : Ilizarov treatment of tibial nonunion with bone loss. *Clin Orthop*, 241:146-165, 1989.
- 17) Wagner H : Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop*, 136:125-142, 1987.
- 18) Weiland AJ, Mooror JR, and Daniel RK : The efficacy free tissue transfer in treatment of osteomyelitis. *J Bone Joint Surg*, 66-A:181-193, 1984.