

## 경골의 선천성 가관절증에서 고식적 및 유리생골 이식술과 미세전기자극의 치료결과 비교

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

정문상 · 이덕용 · 황규천 · 최인호

강남시립병원

김 근 우

=Abstract=

### Comparison of the Ordinary, Vascularized Bone Grafting and Electrical Stimulation in the Treatment of the Congenital Pseudarthrosis of Tibia

Moon Sang Chung, M.D., Duk Yong Lee, M.D., Kyu Chun Hwang, M.D. and In Ho Choi, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery and College of Medicine, Seoul National University, Korea*

Keun Woo Kim, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Kang Nam City Hospital, Seoul, Korea*

Congenital pseudarthrosis of the tibia remains one of the most difficult orthopedic problems to treat, often resulting in a deformed leg or a juvenile amputee. However, during the last few decades, orthopedic surgery has undergone rather remarkable development, not only in better understanding of basic principles but also in surgical technique.

Fifteen cases of congenital pseudarthrosis of the tibia were followed up for average 19.7 months and reviewed and comparative final results treated by the various operative procedures were evaluated.

The following observations were obtained:

1. The children in the study group ranged in age from 2<sup>5</sup>/<sub>12</sub> to 13<sup>8</sup>/<sub>12</sub>yr (mean, 7.9yr). Male to female ratio was 12 to 3, right to left being 9 to 6.

2. All 15 cases had the tibial lesions with or without involvement of fibula. Of the 15 cases, 9 cases (60%) had neurofibromatosis stigmata, especially cafe-au-lait spots and 2 cases had fibrous dysplasia.

3. The average age at which fracture occurred was 11.3 months (birth-6 yr.), the average amount of shortening being 4.0cm with a range of 1.0 to 12cm.

4. Fifteen patients underwent a total of 37 operative procedures. Of the 19 cases with ordinary bone graft, 2 unions were obtained but the unions were maintained only in one case for more than 2 yrs. Of the 3 cases with living bone graft, only one union was obtained but the united tibia was refractured about 6 months after the union due to some minor trauma. Of the 13 cases operation in 9 patients with the electrical stimulation with bone graft, 11 unions were obtained, of which 4 unions were maintained for more than 2 years, 1 union for more than 1 year. And 4 patients have refractured following or during a successful course of therapy and all were united by re-electrical

\* 본 논문은 서울대학교병원 임상연구비 보조로 작성되었음.

stimulation(3 cases) and cast immobilization(1 case) with average follow-up period being 6 months now.

5. The mean union time was 10 months in ordinary bone graft, 5 months in living bone graft and 3.8 months in electrical stimulation with bone graft.

6. The estimated mean blood loss was 200cc in ordinary bone graft, 400cc in living bone graft and 250cc in electrical stimulation. And operation time was 2 hrs in ordinary bone graft, 8 hrs in living bone graft and 2.5 hrs in electrical stimulation.

7. From the above objective observations, electrical stimulation with bone grafting turned out to be the treatment of choice in congenital pseudarthrosis of tibia.

8. On the basis of cases analysis, to successfully treat congenital pseudarthrosis of the tibia with electrical stimulation with bone graft, everything possible must be done to maximize fixation of the fragment with good alignment.

9. We can make the suggestion that the main pathology of the congenital pseudarthrosis of tibia is not in the surrounding soft tissue but in bone itself because bony union occurred by the simple cast immobilization following refracture of the failed living bone graft in one case.

**Key Words :** Ordinary bone grafting, Vascularized bone grafting, Electrical stimulation, Congenital pseudarthrosis of tibia.

## 서 론

선천성 경골 가관절증은 비교적 드문 질환으로 그 원인이 분명하지 않으며 약 40%에서 신경섬유종이 같이 동반된다고 한다<sup>20</sup>. 또 이 질환의 치료도 어려운 상태로 1930년도 까지는 절단이 최선의 치료 방법이었다. 그 후 골유합을 이룩하려는 여러가지 수술적 방법이 시도되었으며 최근에는 혈관부착 생골 이식술 또는 전기자극등에 의한 높은 골유합율이 보고되었다<sup>7,10,11,14,16,23</sup>.

본 서울대학교병원 정형외과에서 1968년부터 1983년 3월까지 선천성 경골 가관절증 환자에 시행한 여러가지 수술방식과 그 결과를 15명의 환자 37회 수술에 대하여 분석하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 임상자료 및 증례분석

과거 15년 동안 서울대학교병원에서 치료한 선천성 경골 가관절증 환자 15명의 방사선 및 병력기록을 분석하였으며(Table 1), 최근까지 원격추시가 가능하였던 환자는 11명으로 이 중 9명은 1979년 이후에 혈관부착 생골 이식술 및 전기자극등의 새로운 치료방법이 시도된 환자들이었다.

15례 전부가 경골 부위였으며 이 중 남자가 12명 여자가 3명이었고 우측이 9명, 좌측이 6명이었다.

환자의 평균 연령은 7.9세(최소:2년 5개월, 최고:13년 8개월)이고 café-au-lait 반점은 9례에서 동반

되었으며 2례에서 병리조직 검사상 섬유성 골이형성증(fibrous dysplasia)으로 나타났다.

Andersen방법에 의한 선천성 경골 가관절증의 분류에 따르면 dysplastic형이 12, cystic형이 2, late형이 1례이었다.

평균 추시기간은 19.7개월(최소:6m, 최고:50m, 평균 하지단축 길이는 4.0cm(최소:1.0cm, 최고:12cm)이었으며 첫번째 골절된 평균연령은 11.3개월(출생~6세)이고 재골절된 평균연령은 5.1세(최소:1.7세, 최고:9.3세)이었다.

15명의 환자 중 시행된 수술은 모두 37회(절단술 포함, 중례15)로 Table 2와 같다. 또 이를 수술방법에 따라 크게 고식적 골이식술, 생골이식술 및 골이식술 병행한 미세전기자극 방법으로 대별할 수 있다.

이 중 고식적 골이식술을 시행한 19례중 2례가 2년이상 장기추시중이며, 3례의 생골이식술중 1례가 골유합에 성공하였으나 7개월후 사소한 외상후 재골절되었다. 또 미세 전기자극과 골이식술을 같이 시행한 환자는 9명이나 시행한 수술횟수는 13례로 이 중 11례가 골유합에 성공하여 현재 2년이상 장기추시 환자가 4명(중례 2, 3, 6, 8), 1년이하의 단기추시 환자가 4명(중례 1, 4, 5, 9), 이 기간사이의 중간추시 환자는 1명(중례 7)이었다(Table 3).

골유합기간은 고식적 골이식술인 경우 평균 10개월, 생골 이식술인 경우 5개월, 그리고 전기자극과 골이식술을 같이 시행한 경우 3.8개월이었다. 또 수술중 실혈량과 수술시간은 각각 고식적 골이식술인 경우 200cc와 2시간, 생골 이식술인 경우 400cc 와

**Table 1.** Case analysis

Case	Age/Sex (yr/m)	Site	Cafe-au-lait	Type at fx.	Age at (mon)	Age at rfx. (mon)	No. of op. failed	Duration of E/S (mon)	Union time c E/S (mon)	Follow up (mon)	Short-ening (cm)	Res-ults	Comm-ent	
1	2/5	M	Rt	-	dysplastic	3	26	4	2	3	6	2.5	S	LBG(F)
2	13/8	M	Rt	+	cystic	17	.	1	4	4	50	3.3	S	
3	5/5	F	Rt	+	dysplastic	7	.	3	3	4	29	1.5	S	
4	8/5	F	Rt	+	" birth	.	.	0	2	3.5	8	4.3	S	
5	2/6	M	Lt	+	"	7	20	2	2	3	6.5	3.5	S	LBG(U)
6	10/4	M	Lt	-	"	3	.	7	3	7	25	2.0	S	
7	8/7	M	Lt	+	"	12	97	1	2.5	3	15	3.0	S	LBG(F)
8	12/3	M	Lt	-	late	72	99 & 112	3	4	4	35	1.5	S	
9	2/10	M	Rt	-	dysplastic	22	.	0	3	3	11	?	S	
10	8/2	M	Rt	-	" birth	.	.	?	.	.	loss	9.5	F	
11	5/3	M	Lt	+	"	"	.	?	.	.	loss	?	F	
12	10/1	M	Rt	+	cystic	5	.	?	.	.	loss	?	F	
13	13/4	M	Rt	+	dysplastic	8	.	0	.	.	25	1.0	S	
14	5/11	F	Lt	-	"	3	.	?	.	.	loss	?	F	
15	8/8	M	Rt	+	" birth	.	.	0	.	.	6	12	S	Ampt.
average	7.9	yr				11.3	61.8	2	2.5	3.8	19.7	4.0		

fx. : fracture, rfx. : refracture F : failure, S : satisfactory, U : union, Ampt.: amputation LBG : living bone graft

**Table 2.** Op. results

Op. procedures	Total No.	Results	
		Union	Failure
BG + $\alpha$	19	2	17
LBG	3	1	2
ES + BG	13	11	2
ES only	1	0	1
Ampt	1	.	.
Total	37		

BG : bone graft, LBG : living bone graft, ES : electrical stimulation, Ampt : amputation,  $\alpha$  : internal fixation, osteotomy etc

8시간, 그리고 전기자극과 골이식을 같이 시행한 경우 250cc와 2.5시간으로 나타났다(Table 4).

한편 골이식과 함께 전기자극을 시행한 환자는 모두 9명으로 평균 전기자극 기간은 2.5개월(최소:2개월, 최고:4개월), 전기자극으로부터 골유합까지

의 평균기간은 3.8개월(최소:3개월, 최고:7개월)이었다. 이 중 4례에서 치료도중 재골절이 일어나 3명은 골이식과 재전기자극으로(증례 1, 5, 8), 1명은 석고붕대 고정으로(증례 7)치료하여 현재 평균 6개월 추시중으로 결국 골이식과 전기자극으로 치료한 9명 전부에서 최종적 골유합을 이룩하였다.

한편 13회의 전기자극중 실패한 2회의 경우를 분석해본 결과 수술을 시행한 연령이 평균 1년 9개월로서 나이가 어릴수록 골유합이 어려운 것을 알 수 있다.

또 혈관부착 생골 이식술을 시행한 3명(증례1, 5, 7)의 환자 중 증례 7의 경우는 생골 이식술 이전에 Hoffmann의 부골 고정을 이용한 하지 길이 신장을 위해서 6주간 3cm 신연(distraction)한 결과로 수술 도중 실패하였고 증례 1에서는 수술은 성공하였으나 그 근위부에서 융합이 이루어지지 않았으며, 증례 5는 생골 이식술에 성공하여 골유합이 확인된 7개월에 보조구 착용시 사소한 외상을 받고 재골절이 일어나 다시 골이식과 전기자극으로 치유되었다.

**Table 3. Follow up**

Op. procedures	No. of patient	Success		
		short(<1yr)	Intermediate	Long(>2yr.)
OBG*	14	•	1	1
LBG**	3	•	1	•
ES+BG***	9	4	1	4

\* OBG : ordinary bone graft, \*\* LBG : living bone graft, \*\*\* ES : electrical stimulation

**Table 4. Comparison of ordinary bone graft, living bone graft, and electrical stimulation**

Op. procedures	Union rate		Union more than 2 yrs.		Mean union time(mon.)	Op. time(hr.)
	No. of union op.	No. of union pt.	No. of union op.	No. of union pt.		
OBG*	19	2	14	1	10	200
LBG**	3	1	3	0	5	400
ES+BG***	13	11	9	4	3.8	250

\* OBG : ordinary bone graft, \*\* LBG : living bone graft, \*\*\* ES : electrical stimulation

결과적으로 위의 모든 결과를 종합해 볼 때 전기 자극과 골이식을 같이 시행한 경우가 여러가지 측면에서 고식적 골이식술 및 생골 이식술보다 한층 우위에 있음을 보여주며 선천성 경골 가관절증 치료의 최선의 방법임이 판명되었다.

**증례**

① 증례 2 : 남, 14세

1세때 우측 하퇴부의 변형이 발견되었으며 3개월

후 골절이 일어나 외부에서 3세때 동종이식(homograft)을 시행하였으나 실패하였다. 9세때 본병원에서 양면 외재 골이식과 전기자극을 시행하여 4개월만에 골유합에 성공한 후 단하지 보조구를 착용하였으며 술 후 3년에 나사못 제거술을 시행하였고 현재 보조구없이 정상활동을 하고있다(Fig. 1).

② 증례 7 : 남, 9세

출생시부터 시작된 좌측 하퇴의 변형과 1세때 발생한 골절로 외부에서 수차례 석고붕대 고정을 시

**Fig. 1 : A)** Anterior and lateral X-rays show anterior and lateral bowing with medullary canal sclerosis **B)** Immediate postoperative X-ray after Boyd dual onlay graft and electrical stimulation **C)** Six months after surgery **D)** Two years after surgery, showing good alignment and medullarization **E)** Normal appearing tibia after removal of screws

**Fig. 2 :** A) Preoperative anterior and lateral X-rays show marked shortening and pseudarthrosis of tibia and fibula B) Patient underwent tibial lengthening utilizing the Hoffmann device for six weeks C) Immediate postoperative X-ray after vascularized fibular graft D) Seven months after surgery, showing the nonunion E) Immediate postoperative X-ray after I-M nailing(S-pin) and electrical stimulation with bone graft F) Three months after surgery G) Ten months after surgery H) Transverse linear fracture was developed following minor trauma I) Bony union was achieved five months after long leg cast.

행하였던 환자로 입원 당시(6세) 양측 하지차이는 약 6cm이었다. 먼저 Hoffmann 외부골 고정으로 단측 하지쪽에 6주간에 걸친 신장(lengthening) 을 시행하여 약 3cm의 신장을 얻은 후 비골을 이용한 생골 이식을 시행하였으나 수술 전 신장으로 인해서 문합혈관의 상태가 불량하여 수술중 실패하였다. 그 후 7세대 S-pin을 이용한 금속내고정과 골이식 및 전기자극을 시행하여 3개월만에 골유합에 성공 하였으며 그 후 보조구를 착용시켰다. 그러나 7개월후 보조구 없이 놀다가 넘어진 후 선골절(linear

fx.)이 발생하여 장하지 석고붕대 고정을 4개월 시행하여 골절이 치료된 후 다시 보조구 착용중이다 (Fig. 2).

## 고 찰

선천성 경골 가관절증은 Hatzoecher(1708)가 처음 보고한 이래 수많은 치료방법이 시도되었으며 아직도 그 원인, 분류, 치료에 논란이 많은 질환이다<sup>4,7)</sup>.

신경 섬유종과 본 질환이 밀접한 관련이 있다는 것은 잘 알려진 사실이지만 아직도 그 상호관계는 분명하지 않다. 대부분의 경우 가관절 부위에서 조직학상 신경 섬유조직을 발견할 수 없으나<sup>3)</sup> 만일 발견되는 경우의 골절은 이 섬유조직과 인접한 골 부위에서 일어난다고 한다<sup>9)</sup>.

신경 섬유종은 가족력, café-au-lait반점 및 피하 소결절이 있는 경우 진단할 수 있으며 평균 40%에서 본 증과 동반된다<sup>17,18,20,24,27)</sup>. Morrissy<sup>20,21)</sup> 등에 의하면 신경 섬유종의 존재와 치료결과와는 특별한 관계가 없다고 하며<sup>22)</sup> 약 25%에서 중추신경계의 신경교종(glioma)도 장기추시 과정에서 발견되었다.

선천성 경골 가관절증을 Andersen<sup>5)</sup> 등이 clubfoot, cystic, late, dysplastic, angulated, 그리고 fibula형으로 분류하였으며 dysplastic형이 가장 많으며 예후도 가장 나쁘다고 하였다<sup>6)</sup>. Boyd<sup>9)</sup>등도 본증을 6개의 형으로 나누어 이 중 type II가 가장 많으며 조직학상 공격적 골흡수성 섬유종증(aggressive osteolytic fibromatosis)의 소견을 보이며 재발이 많고 가장 예후가 나쁘다고 하였다.

치료로 수많은 골이식 방법이 소개되었으나 어느 한 방법도 만족스럽지 못하였다<sup>26)</sup>. 골이식 방법으로는 Huntington(1905)<sup>15)</sup>의 whole fibula transplantation, Boyd(1941)<sup>9)</sup>의 양면 외재 골이식술(dual onlay graft), Farmer(1952)<sup>13,21)</sup>의 cross-leg composite pedicle bone flap, McFarland(1951)<sup>19)</sup>와 Eyre-Brook(1969)<sup>12)</sup>의 측골 이식술(bypass graft), Sofield<sup>25)</sup>의 분절 및 골수강내 침삼입술(fragmentation and IM nailing)등을 들 수 있다.

최근에는 Bassett와 Friedenber(1971)등이 전기 자극을 이용하여 불유합 치료에 성공한 이래 Lavine(1972)<sup>16)</sup>등이 선천성 가관절증에도 전기자극으로 인한 골유합을 처음으로 보고하였다. 그 후 Brighton(1975)<sup>10)</sup>, Bassett(1981)<sup>7)</sup>등이 등이 높은 골유합 24/34, 71%)을 보고하였으며 우리나라에서는李(1980)<sup>2)</sup>등이 최초로 시도하여 성공한 바 있다.

한편 Östrup(1974)<sup>23)</sup>등이 미세수술을 이용한 생골 이식으로 빠른 골유합을 보여준 이래 Chen(1979)<sup>11)</sup>등이 처음으로 선천성 경골 가관절증에서 혈관부착된 생골 이식을 보고하였고 그 후 Weiland(1980)와 Hagan 1981)<sup>14)</sup>등도 높은 골유합율을 발표하였다. 우리나라에서는 김, 유(1981)<sup>1)</sup>등이 혈관부착 비골 이식을 시행하여 7례 중 5례에서 성공하였다고 한다.

결과적으로 선천성 경골 가관절증의 치료로는 혈관부착 생골 이식술이나 미세전기자극 및 골이식술이 현재로서는 가장 좋은 방법이지만 이 중 저자들의

의 분석에 의하면 후자의 방법이 전자보다 더 좋았는데 그 이유로는 높은 골유합율 이외에 이식골이 견고하며 골결손부가 적어 고정기간이 짧을 뿐만 아니라 수술시 실혈(blood loss)이 적고, 수술시간이 짧으며, 만일 실패할 경우에 반복할 수 있다는 점 등이다.

생골 이식술과 전기자극 및 골이식등의 방법으로 높은 골유합율을 얻을 수 있는 현시점에서의 선천성 가관절증의 치료는 그 목적이 단순한 골유합에 있다고 볼 수는 없으며 그보다는 어떻게 성장 종료기까지 이러한 유합을 이끌어가는데 있는것이다. 저자들의 경험에서도 전체 37수술 중 골유합이 13례로 그 중 2년이상 유지된 것이 5례, 6개월 내지 2년 추시중인 것이 8례, 그리고 2년내 재골절된 것이 4례이었으며 전기자극 및 골이식을 시행한 총 9명의 회수술 중 2년이상 장기추시 4명, 6개월 이상 2년이하 추시 5명이었으며 재골절이 4례로서 유합된 약 반수에서는 재골절에 의한 가관절증의 재발이라는 과정을 밟았다. 그러므로 이러한 재골절을 막기 위하여 수술시 보다 정확한 선열(alignment)이 필수적이며 Boyd의 양면 외재 골이식, 금속판고정, 또는 경골 골단판을 지나가지 않는범위내에서의 외부 골고정등이 바람직한 고정방법으로 보여지나 이들 중 Boyd의 방법이 가장 좋을 것으로 생각되며 2~3세이하의 소아에서는 Boyd의 방법은 시행하기 어렵다는 단점이 있다. 그리고 일단 골유합이 이루어 지면 적당한 보조구를 착용시켜 골의 재모형(remodelling)이 끝날때 까지 보호해 주는 것이 바람직하다.

선천성 가관절증에서의 병리 또는 골유합이 힘든 원인으로서는 골, 이상 연부조직등 여러가지 설이 있어왔다<sup>9)</sup>. 저자들은 이에 대하여 생골 이식술이 실패하여 골이식과 전기자극으로 골유합에 성공한 후 재골절이 발생하여 단순한 석고붕대고정만으로도 골유합에 도달한 증례 7을 제시하여 이 질환에서의 주요 병리 혹은 골유합을 저해하는 요소는 주위 연부조직이 아니며 골에 있다는 사실을 주장한다.

## 결 론

서울대학교병원 정형외과에서 과거 15년간 치료한 선천성 경골 가관절증 환자 15명에서 시행한 37회 수술을 분석하였으며 이 중 최근까지 원격추시가 가능하였던 환자는 11명이었다.

총 37회 수술 중 고식적 골이식술만을 시행한 경우에 수술시간, 실혈등이 적었으나 골유합율은 11%, 유지율은 5%로 나뉘었으며 생골 이식술을 시행

한 3례의 골유합율은 33%, 유지율은 0%, 수술시간 8시간, 실혈량 400cc로 그 결과가 가장 불량하였다. 그러나 골이식술과 전기자극을 시행한 13례는 11례에서 골유합(85%)에 성공하였으며 유지율은 44%(4/9), 수술시간 2.5시간, 실혈량 250cc, 골유합기간이 3.8개월로 선천성 가관절증 치료에 가장 좋은 방법으로 사료되었다.

또 저자들은 선천성 경골 가관절증 치료의 가장 중요한 요인을 충분한 골생성뿐 아니라 견고한 고정 및 양호한 골선열(bony alignment)을 유지하여 재골절을 막는데 있다고 보며 이러한 관점에서 가능하면 Boyd의 양면 외재 골이식술 및 전기자극이 최선의 방법으로서 혈관부착 생골 이식술보다는 많은 장점을 갖고 있다고 생각된다.

마지막으로 선천성 가관절증에서의 주요 병리 혹은 골유합 저해요소는 주위 연부조직이 아니라 골조직에 있다는 사실도 주장하는 바이다.

## REFERENCES

- 1) 김봉건, 유명철, 강신혁, 박재공, 임홍철 : 혈관부착 비골 이식술을 이용한 선천성 경골 가관절증의 치료., 대한정형외과학회지. 제16권, 제3호, 745-751, 1981.
- 2) 이덕용, 정문상, 최인호, 이상훈 : 전기자극을 이용한 선천성 경골 가관절증. 대한정형외과학회지. 제15권, 제2호, 350-355, 1980.
- 3) 윤웅섭, 김성채, 강조웅, 이은우, 이창희 : 신경성유종증 환자의 선천성 경골 가관절 형성 치험1례., 대한정형외과학회지. 제12권, 제3호, 517-522, 1977.
- 4) 윤태현, 신영환, 김옥석 : 선천성 경골 가관절 형성증 치험1례., 대한정형외과학회지. 제14권, 제4호, 648-652, 1979.
- 5) Andersen, K.S. : *Congenital pseudarthrosis of the leg. J. Bone Joint Surg.* 58A:657, 1976.
- 6) Andersen, K.S. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia and neurofibromatosis. Acta. Orthop. Scand.*, 47, 108-111, 1976.
- 7) Bassett, C.A.L., Caulo, N., and Kort, J. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia: Treatment with pulsing electromagnetic fields. Clin. Orthop.* 154:136, 1981.
- 8) Boyd, H.B. : *Congenital pseudarthrosis : Treatment by dual onlay grafts. J. Bone Joint Surg.* 23:497, 1941.
- 9) Boyd, H.B. : *Pathology and natural history of congenital pseudarthrosis of the tibia. Clin. Orthop.* 166:5, 1982.
- 10) Brighton, C.T., Friedenber, Z.B., Zemsky, L.M., and Pollis, P.R. : *Direct current stimulation of nonunion and congenital pseudarthrosis. J. Bone Joint Surg.* 57A:368, 1975.
- 11) Chen, C.W., Yu, Z.-J., and Wan, Y. : *A new method of treatment of congenital tibia pseudarthrosis using free vascularized fibular grafts. Ann. Acad. of Med. Singapore* 8:465, 1979.
- 12) Eyre-Brook, A.L., Baily, R.A.J., and Price, C.H.G. : *Infantile pseudarthrosis of the tibia. J. Bone Joint Surg.* 51B:604, 1969.
- 13) Farmer, A.W. : *The use of composite pedicle graft for pseudarthrosis of the tibia. J. Bone Joint Surg.* 34A:591, 1952.
- 14) Hagan, K.F. and Buncke, H.J. : *Treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia with free vascularized bone graft. Clin. Orthop.* 166:34, 1982.
- 15) Huntington, T.W. : *Case of bone transference : Use of a segment of fibula to supply a defect in the tibia. Ann. Surg.* 41:249, 1905.
- 16) Lavine, L.S., Lustia, I., Rinaldi, R.A. and Liboff, A.R. : *Electrical enhancement of bone healing. Science*, 175:1118, 1972.
- 17) Masserman, R.L., Peterson, H.A., and Bianco, A.J. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia : A review of the literature and 52 cases from the Mayo Clinic. Clin. Orthop.* 99:140, 1974.
- 18) McElhannon, F.M., Jr. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia. South. Med. J.* 68:824, 1975.
- 19) McEarland, B. : *Pseudarthrosis of tibia in childhood. J. Bone Joint Surg.* 33B:36, 1951.
- 20) Morrissy, R.T. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia. Clin. Orthop.* 166:21, 1982.
- 21) Morrissy, R.T., Riseborough, E.J., and Hall, J.E. : *Congenital pseudoarthrosis of the tibia. J. Bone Joint Surg.* 63B:367, 1981.
- 22) Murray, H.H. and Lovell, W. W. : *Congenital pseudarthrosis of the tibia: A long term follow-up study. Clin. Orthop.* 166:14, 1982.
- 23) Östrup, L.T., and Fredrickson, J.M. : *Distant transfer of a free living bone graft by microvascular anastomoses. Plast. Reconstr. Surg.* 54:274, 1974.
- 24) Sofield, H.A. : *Congenital pseudarthrosis of the*

- tibia. Clin. Orthop. 76:33, 1971.*
- 25) Sofield, H.A. : *Fragmentation realignment and intramedullary rod fixation of deformities of the long bones in children. J. Bone Joint Surg. 41A:1371, 1959.*
- 26) Umber, J.S., Moss, S.W., and Coleman, S.S. *Surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. Clin. Orthop. 166:28, 1982.*
- 27) Van Ness, C.P. : *Congenital pseudarthrosis of the leg. J. Bone Joint Surg. 48A:1467, 1966.*