

## 미세 수술 수기를 이용한 생비골 이식

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

이광석 · 김학윤 · 박종훈\*

— Abstract —

### The Vascularized Fibular Transfer Using Microsurgical Technique

Kwang Suk Lee, M.D., Hak Yoon Kim, M.D., Jong Hoon Park, M.D.\*

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine,  
Korea University Hospital, Seoul, Korea*

It is difficult to obtain a satisfactory bony union of large bone defect secondary to trauma, tumor resection, congenital pseudarthrosis of tibia and bony metaplasia following infection with conventional methods. Conventional nonvascularized autologous bone graft do not provide adequate large amounts of donor bone and usually undergo necrosis or nonunion due to lack of vascular nutrition.

Currently, advanced in microsurgery have made it possible to provide a continuing circulation of blood in bone grafts so as to ensure viability. With the nutrient blood supply preserved, healing of the graft to the recipient bone is facilitated without the usual replacement of the graft by creeping substitution. Thus, the grafted bone is achieved more rapid stabilization without sacrificing viability. We reviewed 11 cases of vascularized fibular grafts which were performed from December 1982 to January 1993 and the following results were obtained :

1. Large bone defects with chronic osteomyelitis secondary to trauma were could be successfully treated by the vascularized fibular transfer.
2. In our experience, the vascularized fibular transfer was thought to be one of good methods of treatment for congenital pseudarthrosis of tibia.
3. Complete tumor resection was followed by a free vascularized fibular transfer, resulting in good functional improvement, without local recurrence.  
Long bone defect secondary to bony dysplasia was could be reconstructed by the vascularized fibular transfer.
4. The transferred vascularized fibula had been hypertrophied with bony union during follow-up period and there was no resorption of the grafted fibula.

**Key Words : Vascularized Fibular Transfer.**

## I. 서 론

골결손에 대한 골 이식술은 정형외과 영역에서 흔히 접하게 되는 치료법으로서 대개 6cm<sup>3</sup> 이상의 골결손에 대해서는 고식적인 자가 골 이식술이 효과적이지 못하다는 견해가 지배적이다<sup>1)</sup>.

1970년대 이후 유리생골 이식에 대한 많은 시험례가 발표 되었으며 O'Brien등<sup>2)</sup>에 의해 유리 생골 이식술이 고식적인 골이식술—보다 이식골의 흡수가 적고, 국소염증에 대하여 저항력이 강하며 점동치환(creeping substitution)이 아닌 혈관 부착에 의한 직접 골질 치유과정을 밟아서 골유합 기간이 짧다는 것이 입증되었다<sup>2,4,12)</sup>. 특히 유리 생골 이식술—중 생비골 이식술은 비골이 갖는 특성, 즉 곧고 단단한 골격과 20cm 이상의 긴 골편을 절취할 수 있으며, 외모가 삼각형이어서 회전 굴곡 변형력에 강하며 혈관봉합에 적합한 크기의 비골 혈관의 존재등으로 인해 장골의 광범위한 골 결손 치료에 가장 적합한 생골 공여부로 인정되고 있음은 Taylor<sup>3)</sup>에 의해서 1977년부터 임상적 시험례로 발표되었으며 국내에서도 1980년대 초부터 유<sup>2)</sup>, 이등<sup>3)</sup>에 의해서 생비골 이식술의 임상 례가 보고되었다.

이에 본 고려대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 1982년 부터 1993년까지 시행한 생비골 이식술 중 최소 12개월부터 최고 66개월까지 추시 경과 관찰이 가능하였던 11례에 대하여 문헌 고찰과 함께 임상적 결과를 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

1982년 12월부터 1993년 1월까지 최소 12개월에서 최고 66개월간 추시관찰이 가능하였던 11례를 대상으로 하였다.

### 2. 연구방법

광범위 골 결손으로 인해 미세 수술을 통한 생비골 이식술이 가장 적합한 술식이라고 판단되었던 11례에서 술전 검사로 혈관 조영술 및 단순 방사선 촬영을 통하여 해부학적 구조와 필요한 비골

의 크기를 측정하였고, 수술 직후의 생비골의 생존 여부는 술후 1주에 골주사 검사(Tc99-m methylene diphosphonate bone scan)를 시행하여 동위원소의 흡수 증가시 혈관 이식에 의한 혈류 소동이 이루어 진것으로 판정하였으며, 술후 6개월 이후의 분석은 정기적인 방사선 촬영상 골수강의 재소통 여부로서 골유합 여부를 판정하였다. 이식골의 비후는 Perkins와 Shirving<sup>1)</sup>의 이식골의 비후 측정법을 이용하였다.

## III. 결 과

1. 평균연령은 31.5세이며, 남녀비는 8 : 3이었다(Table 2).

2. 선행 골 결손원인과 부위는 Table 1과 같다.

Table 1. Cause and site of bony defect.

Cause	Femur	Tibia	forearm	Total
Chronic osteomyelitis	2	4	1	7
Bony metaplasia			2	2
Tumor			1	
Congenital pseudathrosis		1		1
	2	5	4	11

3. 생비골의 분리는 환부의 반대측에서 후외측 도달법에 의해 이루어졌으며 생비골의 길이는 최저 9cm에서 최고 20cm로 평균 14cm이었고 허혈시간은 평균 1시간 48분이었다. 소아에서의 경우는 비골 절제후 원위부의 경비골간에 대하여 K-강선으로 고정후 경골과 비골 사이에 골이식 수술을 시행하였으며 이식한 비골의 고정은 전례에서 나사못으로 고정하였다.

### 4. 혈관문합

동맥 문합은 모든 예에서 공여 동맥은 비골 동맥(peroneal artery)이었으며, 수여부의 동맥은 경골의 경우 후경골 동맥(posterior tibial artery)이 4례, 전경골 동맥(anterior tibial artery)이 1례, 대퇴골 2례는 모두 대퇴 동맥의 근육분지(muscular bra-

**Table 2.** Clinical data of patients.

case	age	sex	injured site	length of graft	artery anastomosed recipient-donor	vein anastomosed recipient-donor	ischemic time	op time
1	40	M	Femur	10cm	PTA-M, br of FA	PV-GSV	2hr 3mins	5hr
2	47	F	Both forearm	15cm	PTA-RA	VC-CV	1hr 20mins	4hr 15mins
3	4	F	Tibia	9cm	PTA-PTA	PV-GSV	1hrs 25mins	4hrs 15mis
4	52	M	Tibia	17cm	PTA-PTA	PV-GSV	3hrs 50min	5hrs
5	11	F	Ulnar	13cm	PTA-UA	VC-BV	1hr 50mins	3hrs 30mins
6	52	M	Tibia	12cm	PTA-ATA	VC-GSV	1hrs 53mins	4hr 30mins
7	32	M	Tibia	13cm	PTA-PTA	VC-VC	1hrs 37mins	3hr
8	25	M	Ulnar	13cm	PTA-UA	VC-BV	2hrs 5mins	4hr 30mins
9	10	M	Ulnar	10cm	PTA-UA	VC-CV	1hrs 50mins	3hr 2mins
10	36	M	Femur	16cm	PTA-M, br of FA	VC-M, br of FV	1hrs 51mins	5hr 40mins
11	37	M	Tibia	20cm	PTA-PTA	PV-GSV	2hrs	5hr

PTA: Posterior Tibial Artery ATA: Anterior Tibial Artery UA: Ulnar Artery RA: Radial Artery PA: Peroneal Artery M, br of FA: Muscular brach of Femoral Artery VC: Vena Committantes CV: Cephalic Vein BV: Brachial Vein GSV: Greater Saphenous Vein

inch of femoral artery)였고, 전완부에서는 척골 동맥(unlar artery)이 3례, 요골 동맥(radial artery)이 1례로 문합되었으며 문합 방법은 단단(end to end)문합이 10례, 단측(end to side) 문합이 1례였다.

정맥 문합은 공여부에서 반행 정맥(vena-committantes)이 7례였고, 비골정맥(peroneal vein)이 4례로 이용되었고, 수여부의 정맥은 Table 2와 같았다.

5. 술후 1주에 시행한 골 주사 소견 상 이식된 생비골의 혈관 문합에 의한 생존은 11례 모두에서 성공하였다.

6. 이식골의 유합은 방사선 소견 상 최소 14주에서 최고 20주의 범위를 보였고, 평균18.5주에 일차적으로 근위부와 원위부에서 이루어졌다.

### 7. 이식골의 비후

연속적인 추시가 가능하였던 7례에서 Perkins와 Shirving<sup>12)</sup>의 방법(Fig. 1)에 의해 수술후 6개월, 12개월 및 18개월에 각각 비후된 이식골의 양을 측정하였다.

비후된 양은 표 3에서와 같이 수술후 6개월에 평균 2.84cm<sup>3</sup>, 12개월에는 평균 10.36cm<sup>3</sup>, 18개월에

는 평균 13.49cm<sup>3</sup>로써 6개월 이후부터 13개월 사이에 많은 양의 비후를 볼 수 있었다(Table 3).

**Table 3.** The amounts of hypertrophy of the grafted fibula

Case	6M(cm <sup>3</sup> )	12M(cm <sup>3</sup> )	18M(cm <sup>3</sup> )
2	3.01	13.05	17.89
3	1.50	2.82	5.28
4	0.37	11.87	13.84
5	0.78	1.13	1.88
8	4.38	15.08	21.05
9	9.47	19.56	22.45
10	1.06	9.04	12.07
Total(Average)	20.57(2.94)	72.55(10.36)	94.45(13.49)

### 8. 합병증

선천성 경골 가관절증 환자에서 술 후 1년 6개월에 stress에 의해 비골 원위부의 골절이 생겼으며, 대퇴골의 만성 골수염 환자 1례에서 술후 60개월에 비골 간부 골절이 발생하여 2례 모두 압박 금속판과 나사못 고정으로 치유 하였다. 비골 공여부와 수술 중의 합병증은 없었다.

## IV. 증례보고

증례 1: 52세 남자 환자로 내원 1년전에 교통사

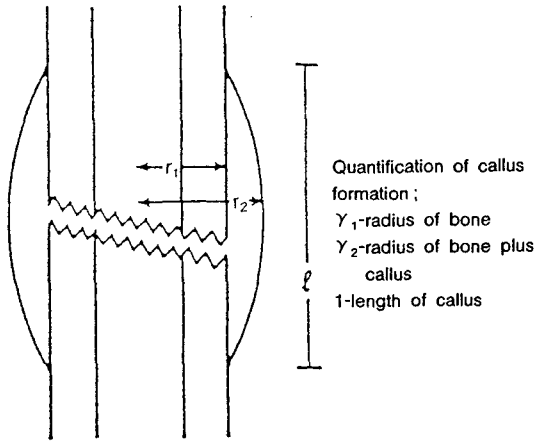


Fig. 1. The Volume of callus produced was calculated using the formula:  $2\pi r_1(r_2-r_1)l$

고에 의한 좌측 경비골의 개방성 분쇄골절로 타병원에서 외고정술 및 유리 피판 이식술을 시행받았으나 광범위 골결손 및 합병된 골수염을 주소로

본원에 내원하여 생비골 이식술을 시행하였다. 술후 1주에 골주사 검사로서 이식 비골의 혈류 소통 여부를 확인하였으며, 술후 4개월에 골 유합 소견을 보여 장하지 석고 붓대를 슬개건 부하 석고 붓대로 교체한후 술후 5개월부터 부분 체중 부하 보행을 허용하였다. 2년 8개월 추시 결과 골 유합과 이식 비골의 비후 소견을 보였다(Table 2) (Fig. 2-A,B,C,D)

증례 2 : 11세 여자 환자로 2세경에 좌측 척골에 골수염을 앓은후 발생한 척골의 골 결손 및 주관절 탈구를 주소로 내원하여 골 결손에 대하여 생비골 이식술을 시행하였다. 술후 1주에 골주사 검사로 이식 비골의 혈류 소통 여부를 확인하였으며, 술후 3개월부터 주관절의 능동적 관절 운동을 시행하였으며, 술후 5개월에 요골두 절제술 및 운상 인대 재건술을 시행하였다. 3년의 추시 결과 이

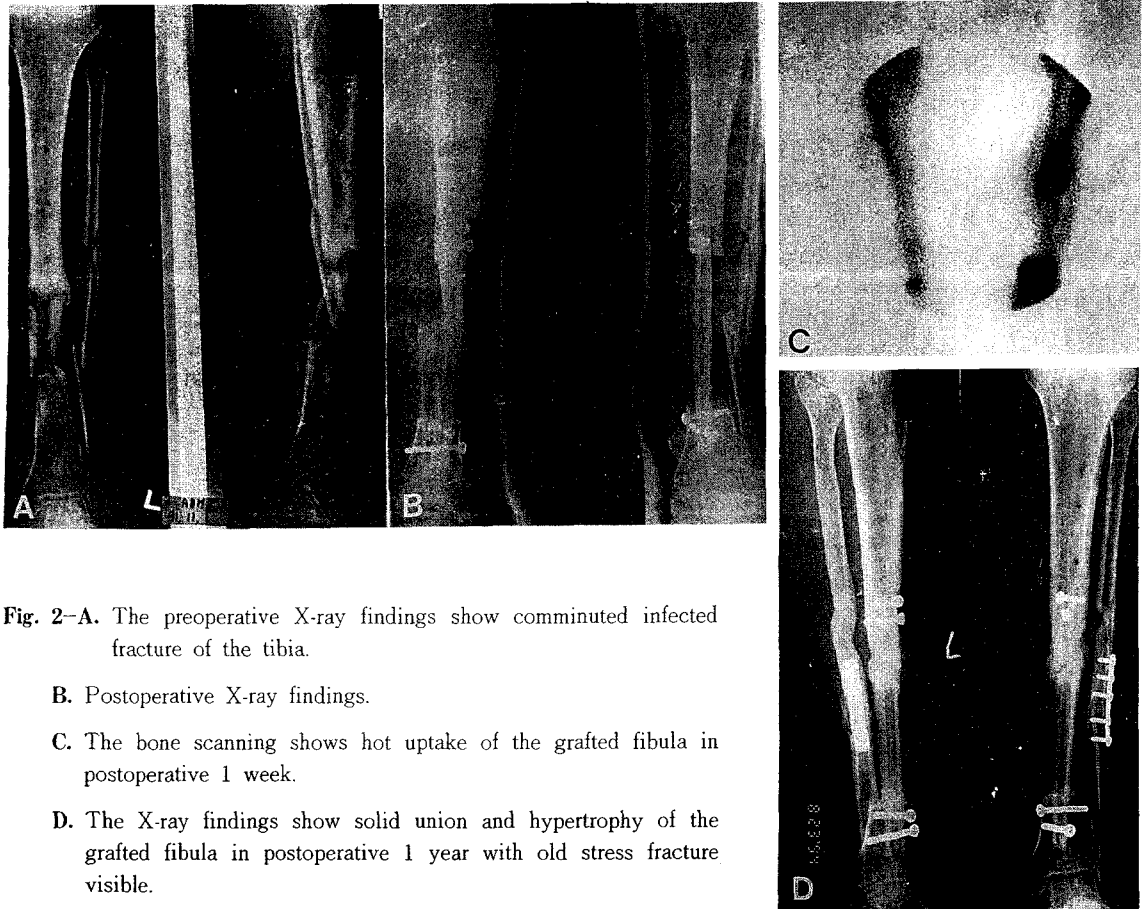


Fig. 2-A. The preoperative X-ray findings show comminuted infected fracture of the tibia.  
 B. Postoperative X-ray findings.  
 C. The bone scanning shows hot uptake of the grafted fibula in postoperative 1 week.  
 D. The X-ray findings show solid union and hypertrophy of the grafted fibula in postoperative 1 year with old stress fracture visible.

식 비골의 골유합은 견고한 소견을 볼 수 있으며 주관절의 운동범위는 정상 범위였다(Table 2, Fig. 3-A.B.C.D.E.F).

### V. 고 찰

정형외과 영역에서 광범위한 골 결손의 치료는 확실한 치료-법을 제시하기 곤란한 경우가 많으며, 특히 감염으로 인한 불유합이나 골 절제 부위가 큰 종양의 치료에 있어서는 고식적인 골 이식

술로는 많은 양의 자가 골을 확보하기 힘들 뿐만 아니라 면역학적으로 문제가 되지 않음에도 불구하고 영양 혈관의 부재로 인해 대개 불유합과 괴사가 빈번하며, 수술후 장기간의 고정에 의해 성공적인 골 이식술로는 한계를 갖고 있음은 이미 알려진 바이다<sup>17,18)</sup>.

1970년대 이후 미세 수술의 발달에 힘입어 1974년 Östrup과 Freidrickson<sup>13)</sup>이 동물 실험에서 혈관이 부착된 골을 이식하여 빠른 골유합을 얻었으며 1977년에 Taylor<sup>16)</sup>가 2례의 분절상 경골 결손의 감

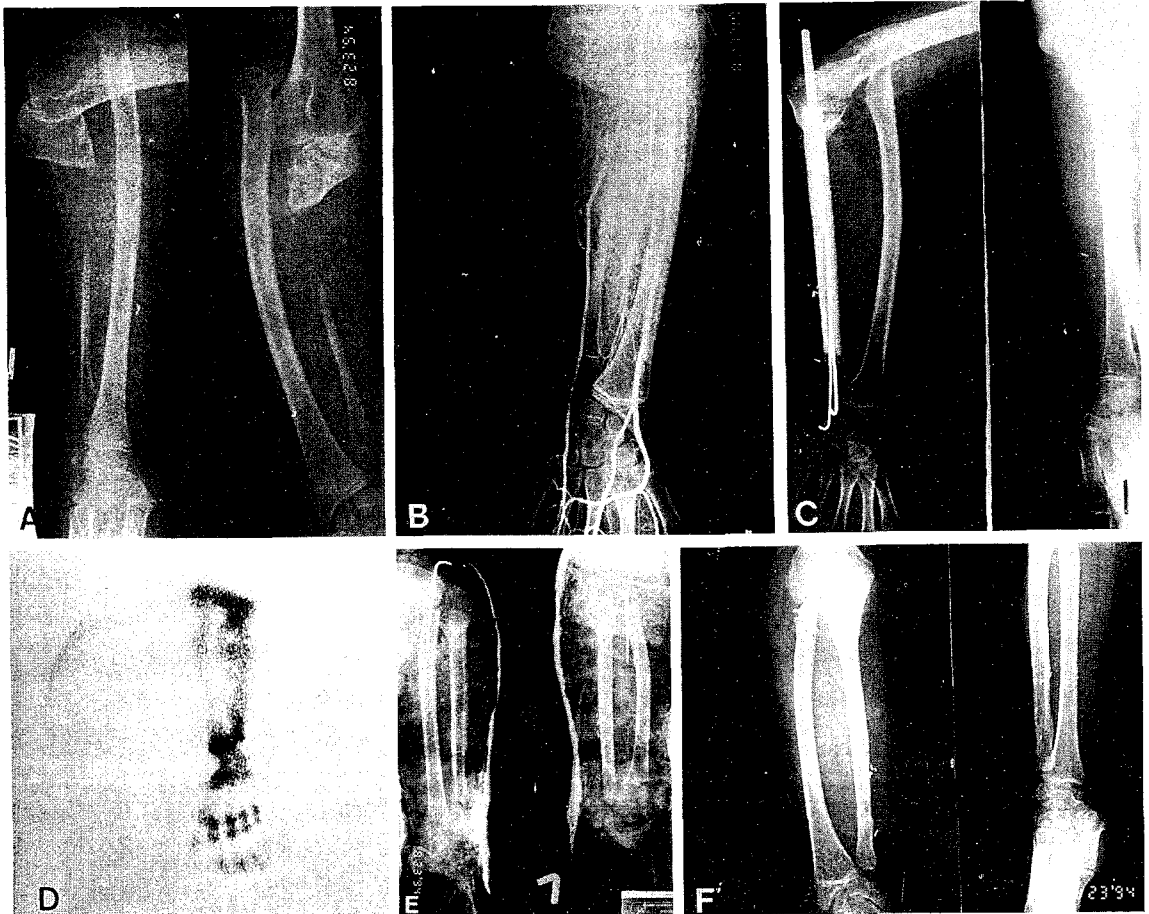


Fig. 3-A. The X-ray findings show bony defect of ulna.

B. Preoperative angiography.

C. Postoperative X-ray.

D. The bone scanning show hot uptake of the grafted fibula in postoperative 1 week.

E. X-ray findings show resected radial head and reduction status of capituloradial joint in postoperative 2 weeks.

F. The X-ray findings show solid union and hypertrophy of the grafted fibula in postoperative 1 year.

염성 불유합 등에 최초로 생비골 이식술을 시행하여 성공하였다. 1978년에 O'Brien등<sup>5)</sup>이 동물 실험에서 미세 수술에 의한 생골 이식이 골 유합의 촉진과 함께 국소 염증에 대한 저항이 강하다는 것을 보고하였으며 고식적인 치료로 효과를 보기 어려웠던 선천성 경골 가관절증에서도 1977년에 Chen과 Yen<sup>7)</sup>에 의해 생비골 이식술이 유효한 술식으로 보고되었으며 종양 절제후 생긴 광범위한 골결손 치료에서도 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다.

고식적인 골 이식이 아닌 혈관이 부착된 생골 이식술은 공여부로부터 채취한 이식골에 영양 혈관이 보존된 채로 수여부에 이식됨으로써 골세포 및 골아세포 등이 생존하여 점동 치환(creeping substitution)을 거치지 않고 직접적인 골유합을 이룰 수 있고, 이식골의 골유합은 대개 6개월 이내에 얻어지며, 이때부터 부분 체중 부하 보행을 시작하고, 이식골이 점차 비후되면서 전체중 부하 보행을 할 수 있다고 하였다<sup>1)</sup>.

생골 이식에 이용될 수 있는 골은, 늑골, 비골 및 중족골 등이 있으나 특히 비골이 이용되는 이유는 Cheen과 Yen<sup>7)</sup>에 의하면 비골이 치밀골이고 견고하며 체중 부하에 적합하고 장골(long bone)이기에 성인의 경우 약 20cm이상 절취가 가능하며 비골 동맥은 해부학 적으로 그 존재가 확실하고, 직경이 비교적 커서 혈관 문합이 용이하다고 하였으며, Taylor<sup>6)</sup>는 비골이 직선이어서 대퇴골, 경골등의 골수내 삽입이 가능하여 고정성이 우수하고 모양이 삼각형이어서 회전 및 굴곡에 강하며 생비골 이식술이 실패하여도 고식적인 골 이식술로서 작용할 수 있는 장점이 있기 때문이라고 하였다.

물론 성공적인 골 이식 후에도 각형성 기형 및 재 골절 등에 대한 문제로 Charney<sup>6)</sup>나 Sofield와 Miller<sup>11)</sup>는 내 고정술의 중요성과 충분한 골 유합을 얻을 때까지 보조기 착용 및 보조적 골 이식술의 필요성을 주장하였으며, 이 등<sup>4)</sup>은 혈액 순환의 장애를 막기위해 골수강 내고정술이나 금속판 고정등은 피하는 것이 좋을 것으로 사료된다고 하였으며, 저자들의 경우도 금속 나사를 이용하여 고정하였다. Herman등<sup>10)</sup>은 비골의 길이와 보조적인 골 이식은 재골절과는 상관관계가 없다고 하였으며 본 임상례에서도 술후 합병증으로 이식골의 골

절이 문제가 되어 압박 금속판 고정 및 나사 못 내 고정술로 해결한 경험이 있으므로 보아 재 골절과 연관된 이식골의 생역학에 대한 연구가 국내에서도 계속 되어야 함이 절실하다고 사료된다. 국내에서도 1980년대 초부터 임상적인 성공례가 유<sup>2)</sup>, 이등<sup>3)</sup>에 의해서 발표된 바 있으며, 이등<sup>4)</sup>에 의해 고식적인 치료로 치유되지 못한 골수염이 동반된 광범위 골결손 환자에서 생비골 및 생피부편 이식술을 시행하고 항생제 투여후 치유되어 O'Brien등<sup>9)</sup>이 발표하였던 바와 같이 생비골 이식술이 골유합 뿐만 아니라 국소 염증에도 유효하다는 점을 입증하였다. 선천성 경골가관절증 환자의 경우 1981년에 김 등<sup>1)</sup>에 의해 생비골 이식술의 임상적 치험례가 보고된 바 있으며 저자들에 의해서도 1례에서 시행하여 현재 추시 관찰 중이다.

술후 이식골의 혈액 순환 상태를 알 수 있는 방법으로 혈관 조영술 및 골주사가 있으며, 저자들은 이 중에서 술후 1주에 골주사를 시행하여 혈액 순환 상태 여부를 확인하여 전례에서 성공적인 혈류 소통을 확인할 수 있었다.

저자들의 임상적 경험상 외상으로 인한 광범위 골 결손이 만성 골수염의 동반으로 인해 치유가 곤란한 경우에도 혈관부착 생비골 이식술에 의해 빠른 골유합 및 직접적인 혈류의 확보로 인해 염증 반응까지도 치유할 수 있다는 것을 입증할 수 있었으며, 단순한 골 소파술과 고식적인 골 이식술 치료후 반복적인 재발로 인해 광범위 골 절제가 필요한 종양의 경우에도 segmetal resection 후 생비골 이식에 의해 골 결손의 치료가 가능하여 일반적인 골절에 의한 골결손을 치료하듯이 확실하게 치료할 수 있었다. 선천성 경골 가관절증의 치료에서도 생비골 이식술은 유효한 술식임을 알 수 있었으며 또한 골 이형성증에 의한 근골격계의 변형 치료에서도 생비골을 이용한 재건 고정술이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

결국 광범위 골결손의 치료에 미세 수술 수기를 이용한 생비골 이식술은 유효한 술식임을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 고려대학교 의과대학 정형외과학교실에서는

1982년부터 1993년까지 광범위 골결손 환자 11례에서 시행한 생비골 이식술 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 외상후 만성 골수염을 동반한 광범위 골결손 환자의 치료에 있어서 생비골 이식술은 성공적인 골 이식술로서 뿐만 아니라 국소 염증에 대한 반응에도 강한 유효한 방법으로 이용될 수 있다.
2. 선천성 경골 가관절증의 치료에 있어서 생비골 이식술은 현재 시행되고 있는 치료 방법중 가장 확실하게 이식골의 혈류 확보 및 비후를 이룰 수 있는 유의한 술식으로 사료된다.
3. 광범위 골 절제가 필요한 종양의 치료에 있어서 생비골 이식술은 충분한 절제를 가능케 하여 종양 치료를 확실하게 할 수 있는 술식으로도 이용될 수 있으며, 골 이형성증에 의한 골결손으로 인해 야기된 골격계의 변형도 생비골 이식술로서 재건 교정이 가능하였다.
4. 이식된 비골은 추시 기간 동안 비후되었으며 이식골의 흡수는 없었다.

## REFERENCES

- 1) 김봉건, 유명철, 강신혁, 박재공, 임홍철 : 혈관부착 비골이식술을 이용한 선천성 경골 가관절증의 치료. 대한정형외과학회지, 16 : 745-752, 1981.
- 2) 유명철, 강신혁, 김봉건, 전용석, 강순모 : 미세 수술 수기를 이용한 혈관 부착 비골 이식술. 대한정형외과학회지, 17 : 403-413, 1982.
- 3) 이광석, 김광희, 서경환 : 생비골 이식술의 임상적 응용 (중례보고). 대한정형외과학회지, 18 : 1185-1192, 1983.
- 4) 이광석, 김학운, 강기훈, 심재학 : 경골에 시행한 생비골 및 생피부편 이식의 임상적 연구, 대한미세수술학회지, 2 : 29-40, 1993.
- 5) Campbell's Operative Orthopedics Edited by AH Crenhaw 4th Ed.Vol 1 C V Mosby Co St Louis, 1963.
- 6) Charnley T : *Congenital pseudarthrosis of the tibia treated by the intramedullary nailing.* J Bone Joint Surg, 38-a : 183-190, 1956.
- 7) Chen ZW and Yen W : *The study and Clinical application of the osteocutaneous flap of fibula Microsurgery,* 4 : 11-16, 1977.
- 8) Doi K, Tominaga S and Shibata T : *Bone grafts with microvascular anastomoses of vascular pedicles. An experimental study in dogs.* J Bone Joint Surg, 59-A : 809-815, 1977.
- 9) Haw CS, O'Brien BM and Kurata T : *The microsurgical revascularization of resected segments of tibia in the dog.* J Bone Joint Surg, 60-B : 226, May 1978.
- 10) Herman H DE Boer and Michael B Wood : *Bone changes in the vascularized fibular graft.* J Bone Joint Surg, 71 B : 374-378, 1989.
- 11) Henry AK : *Extensile Exposure 2nd Ed pp 292-294 E S Livingstone Ltd Edinburgh 1978*
- 12) Perkins R and Shirving AP : *Callus formation and the rate of healing of femoral fracture in patients with head injuries.* J Bone Joint Surg, 69-B : 521-524, 1987.
- 13) Östrup LT and Freidrickson JM : *Distant transfer of a free, living bone graft by microvascular anastomoses.* Plastic and Reconstr Surg, 54 : 274-285, 1974.
- 14) Sofield HA and Miller EA : *Fragmentation Realignment and Intramedullary Rod fixation of the living bones in children.* J Bone Joint Surg, 41 A : 1371-1391, 1959.
- 15) Sowa DT and Weiland AJ : *Clinical application of Vascularized bone grafts Orthop. Clin. North Am,* 18 : 257-273, 1987.
- 16) Taylor GI : *Microvascular free bone transfer A. Clinical technique Orthop. Clin, North Am.* 8 : 425-447, 1977.
- 17) Weiland AJ : *Current concepts review. Vascularized free bone transplants.* J Bone Joint Surg, 63-A : 166-169, 1981.
- 18) Weiland AJ : *Microvascular anastomoses for bone grafts in the treatment of massive defects in bone.* J Bone Joint Surg. 61 : 98-104, 1979.