

## 혈관 부착 생골 이식술을 이용한 대량 골결손의 치료

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

정문상 · 백구현 · 김태균

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

원중희 · 고영도

— Abstract —

### Treatment of Large Bone Defect with Vascularized Bone Graft

Moon Sang Chung, M.D., Goo Hyun Baek, M.D. and Tae Gyun Kim, M.D.

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

Choong Hee Won, M.D., Young Do Koh, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine Chung-Buk National University*

From 1981 to 1991, twenty one vascularized bone grafts had been performed for the treatment of large bone defects of the extremities, with average follow-up of 65.4 months. Fibulae were used in 15 patients including two cases of osteocutaneous flap, iliums in 5 including two of osteocutaneous flap, and osteocutaneous rib in one. Ten of these patients were treated for segmental defects derived from trauma or infection sequelae of long bones, while eight for locally aggressive benign or malignant bone tumors; and three for congenital pseudarthrosis of tibia. The location of the lesions were 8 cases in tibia; 7 in humerus; 3 in forearm bone; 2 in foot; and 1 in femur. The length of bone defects were averaged as 10 cm, ranging from 3 to 17.5. In eighteen patients (85.7%), the operation was successful. The duration from operation to bony union was average 5.1 months on successful cases, and three of them needed additional procedures, such as bone graft and electrical stimulation to promote bony union. Local recurrence was found in one case of chondrosarcoma, resulting in AK amputation. Wound infections were noted each one case on donor or recipient site. In five cases, the fracture of grafted bone, which united with cast immobilization in four, occurred average 16.7 months after operation.

**Key Words :** Large bone defect, Vascularized bone graft

## 서 론

광범위한 골절 및 불유합이나 골종양 또는 감염으로 골절제 후 생긴 대량의 골결손에 대한 치료는 정형외과 영역에서 가장 어려운 문제중의 하나이다. 1960년 Jacobson과 Suarez<sup>14)</sup>가 수술현미경을 이용하여 외경 1mm의 미세 혈관 봉합에 성공한 이후 급속히 발달한 미세 수술법은 광범위한 조직 결손에 대해 유리 생조직을 이용한 재건술을 가능케 하였다. 이 중 혈관 부착 생골 이식술은 1975년 Taylor<sup>21)</sup>가 임상적 성공례를 보고한 이후 외상이나 원발성 골종양의 절제 등에 의한 광범위한 골결손의 치료에 활발히 이용되고 있다.

1981년 4월부터 1991년 3월까지 본 교실에서 대량 골결손에 대해 시행한 혈관 부착 생골 이식술 21례에 대해서 임상분석을 시행하고 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 연구대상 및 방법

1981년 4월부터 1991년 3월까지 본 교실에서 시행한 혈관 부착 생골이식술 21례를 대상으로 하였으며, 21명의 환자중 남자가 18명 여자가 3명이었고, 평균 연령은 23세였다(최저 1세-최고 66세). 평균 추시 기간은 5년 5개월이었다(최단 9개월-최장 11년 8개월).

골결손의 원인으로서는 21례중 외상이나 골감염의 후유증에 의한 것이 10례, 악성 5례를 포함하는 골종양이 8례, 선천성 경골 가관절증이 3례였다(Table 1).

**Table 1.** Etiology of bone defect.

Etiology of bone defect	No. of cases
Tumor	8
Benign	
Giant cell tumor	2
Aneurysmal bone cyst	1
Malignant	
Chondrosarcoma	3
Osteosarcoma	1
Parosteal sarcoma	1
Trauma or Infection sequelae	10
Congenital pseudarthrosis, tibia	3
Total	21

골결손부위는 상완골 7례, 전완골 3례, 대퇴골 1례, 경골 8례, 족부 2례로서 경골과 상완골이 가장 많았다(Table 2).

**Table 2.** Location of bone defect

Location	No. of cases
Humerus	7
Forearm bone	3
Femur	1
Tibia	8
Foot	2
Total	21

이식 공여부로는 비골이 15례, 장골이 5례, 늑골이 1례였다. 비골 15례중 2례는 골-피판 이식, 2례는 transposition이었다. 장골 5례중 2례, 늑골 1례는 골-피판 이식이었다(Table 3).

**Table 3.** Donor sites and types of vascularized bone graft

Donor sites	Transfer		Transposition	Total
	Osseous	Osteocut. flap		
Fibula	11	2	2	15
Ilium	3	2	-	5
Rib	-	1	-	1
Total	14	5	2	21

이식골의 길이는 비골의 경우에는 11cm(최단 5cm-최장 17.5cm), 장골의 경우 평균 7.1cm(최단 3cm-최장 12cm), 늑골의 경우에는 10cm으로서 전체적으로 평균 10cm(최단 3cm-최장 17.5cm)을 나타냈다(Table 4).

이식의 성공 여부는 수술후 1주째에 시행한 골주사 검사<sup>3)</sup>, digital subtraction angiography등으로 판정하였다<sup>23)</sup>. 골-피판이식술의 경우에는 피판의

**Table 4.** Length of bone graft

Donor site	Length
	Average in centimeter(range)
Fibula	11.0(5.0-17.5)
Ilium	7.1(3.0-12.0)
Rib	10.0
Total	10.0(3.0-17.5)

이학적 검사소견도 성공여부의 판정에 이용하였다.

### 수술방법

공여부가 비골인 경우의 생골 이식술은 통상 두 가지 방법으로 시행하였다. 요골 원위부나 상완골 근위부와 같이 비골과 멀리 떨어져 있는 곳은 비골동맥 및 정맥을 비골에 부착한 채 절단하여 수용부의 혈관과 수술 현미경하에서 문합술을 시행하였다. 수용부가 경골의 근위부나 대퇴골 원위부와 같이 비골과 가까운 곳은 비골동맥 및 정맥을 절단치 않고 비골에 혈액공급을 유지한 채 비골을 상부로 이동만 시켜 이식하였다. 골결손의 길이 및 위치에 따라 절골 부위를 미리 결정하며, 혈관의 손상이나 이상을 알기 위하여 수술전에 이식골의 공여부와 수용부의 혈관조영술을 시행하여 비골혈관과 문합할 혈관을 미리 결정하였다. 전신마취하에서 두 팀이 동시에 이식골의 공여부와 수용부에서 수술을 시행하였으며 동맥 및 정맥의 문합은 수술현미경하에서 이루어졌다. 하퇴부에서는 Henry 접근법으로 비골을 노출시켜 근위부에서 총 비골신경을 확인하고 슬와를 박리하여 슬와동맥 및 정맥, 후경골 신경을 확인한 후 슬와동맥에서 나누는 전경골 동맥, 후경골 동맥, 비골동맥의 기시부를 찾아 비골동맥을 추적하여 박리하였다. 비골의 후내측 둘레에 근위부는 슬와근으로, 원위부는 장, 단비골근과 전경근으로 1cm두께의 근육층을 남겨서 비골동맥에서 분지되는 영양동맥과 골막동맥을 보존하였다. 비골의 전외측부에서는 전경골동맥, 심부비골신경, 표재비골신경을 주의하면서 박리한 후 비골동맥과 2개의 병행성 정맥으로 이루어진 혈관경을 부착한 채 비골 근위부를 절제하였다. 늑골과 장골능을 사용하였던 경우는 영양동맥으로서 후늑간동맥과 심회선장골동맥을 각각 사용하였다.

### 증례보고

#### 증례 1(Fig. 1)

38세 남자환자로서 외상후 병발한 약 7cm의 경골 골결손에 대하여 골-피판 장골을 이식하였으

며, 술후 1.5개월만에 골유합을 얻었으며, 술후 2년째 사진에서 골수강이 확보된 소견을 보였다. 환자는 목발이나 보조기의 도움없이 걸을 수 있었다.

#### 증례 2(Fig. 2)

20세 남자환자로서 우측 원위 요골부의 거대세포종으로 광범위 절제술후 발생한 약 10cm의 골결손에 대하여 비골 이식술을 시행하였다. 술후 1주에 시행한 digital subtraction angiography 소견으로 문합된 혈관이 잘 통하고 있음을 보여주었고, 술후 3개월에 골유합을 얻었다. 술후 6개월에 골유합은 견고하였고, 수근관절의 운동범위도 양호하였다.

### 결 과

총 21례중 18례에서 이식골 및 이식골-피판의 생존을 보여 85.7%의 성공률을 보였다(Table 5).

성공한 18례에서 골유합까지의 기간은 평균 약 5개월이었다(최단 1.5개월-최장 11개월). 성공한 18례중 3례에성 골유합을 촉진시킬 목적으로 자가골 이식 및 전기자극 등을 시행하였다.

Table 5. Success rate evaluated by bone scan at postoperative 1 week or status of skin

Donor site	Success (No. of cases)	Fail (No. of cases)
Fibula	12	3
Ilium	5	0
Rib	1	0
Total	18(85.7%)	2(14.3%)

실패한 3례중, 2례에서는 각각 자가골 이식 및 전기자극, 대흉근 국소 피판술로 골유합을 얻었으나, 1례에서는 불유합인 채로 추시중이다.

본래의 질병과 관련된 합병증으로서 1례에서 대퇴 원위부의 연골육종이 재발하여 슬관절 상부절단술을 시행하였다. 이식골과 관련된 합병증으로서 공여부와 수용부에서 창상감염이 각각 1례에서 발생하였으나 항생제 투여 등의 보존적인 치료로 회복되었다. 이식골의 골절이 5례에서 술후 평균

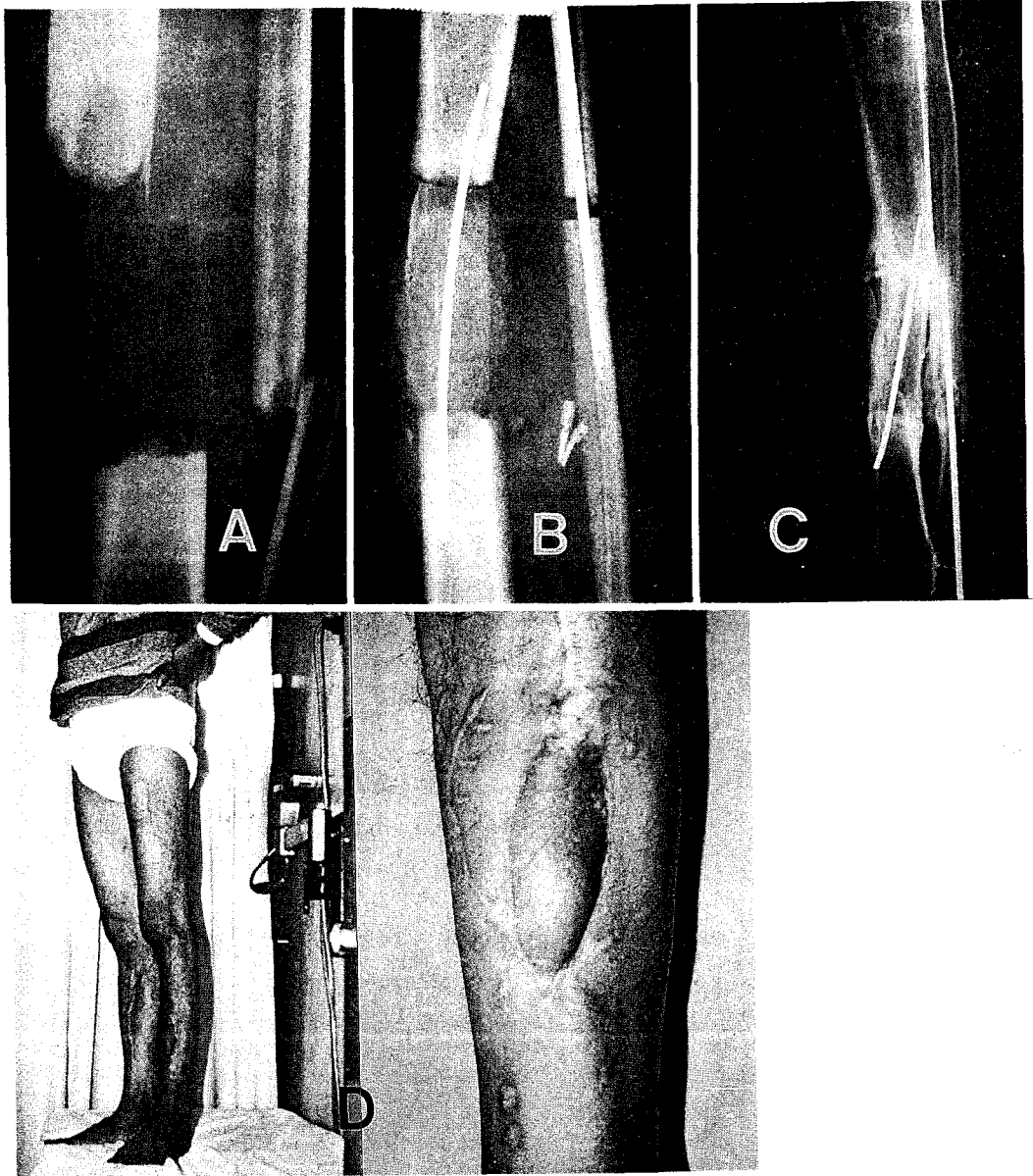


Fig. 1. X-rays of the case I.

- A) A preoperative X-ray showed a bone defect of the tibia.
- B) An immediate postoperative X-ray after vascularized osteocutaneous fibular bone graft.
- C) 1 year and 6 months after operation. It showed well united host-graft junction.
- D) Photographs 2 years after operation. The patient was satisfied with the cosmetic result and able to walk without brace or crutch.

16.7개월에 발생하였으며, 이중 4례는 석고붕대고정으로 골유합을 얻을 수 있었고, 1례는 관혈적 정복 및 내고정으로 골유합을 얻을 수 있었다(Table 6).

## 고 찰

광범위한 골결손에 대한 치료방법으로는 1) 장

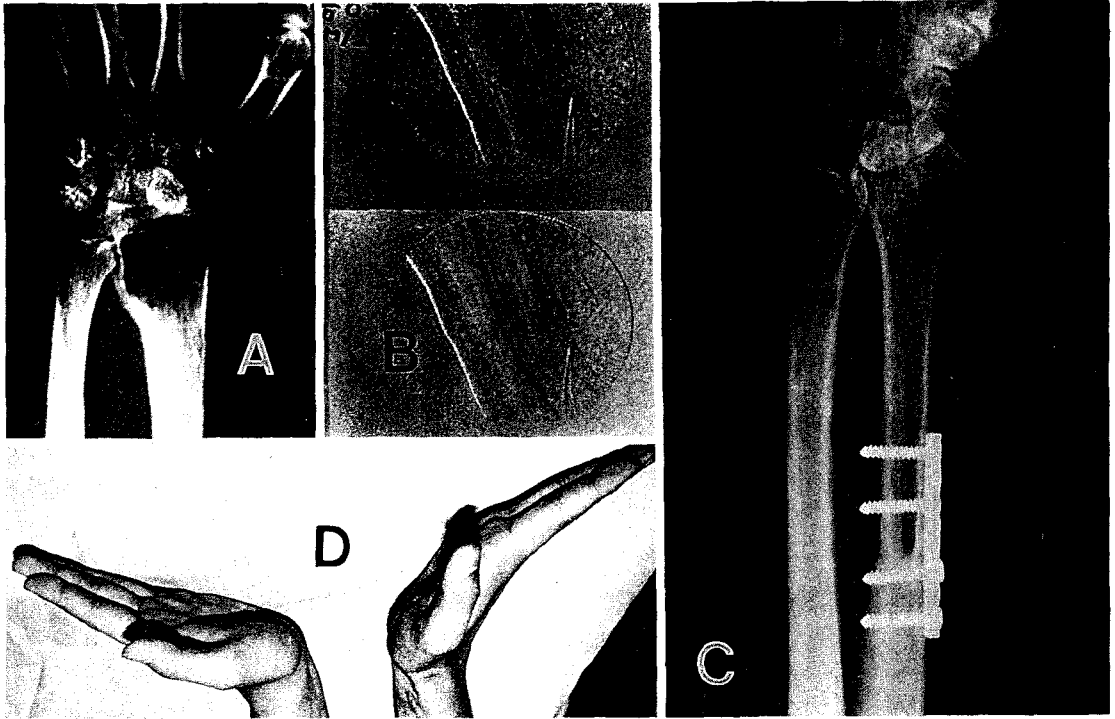


Fig. 2. case II : Giant cell tumor.

- A) A preoperative X-ray showed a cystic mass on the distal end of radius.
- B) DSA finding of 2 weeks after operation. It showed vague shadow of peroneal artery communicating with the radial artery.
- C) 6 months after operation. It showed well united host-graft junction.
- D) A photograph 6 months after operation showed satisfactory ROM of wrist.

Table 6. Complications

Complication	No. of cases
Disease-related	
Local recurrence	1
Graft-related	
Donor Wound infection	1
Recipient Fracture	5
Infection	1
Total	8

골, 경골, 혹은 비골로부터의 자가골 이식(auto-graft), 2) 골분절의 전위(transposition of bone segment), 3) 동종골 이식(allograft), 4) 유리생골 이식등이 있다<sup>20)</sup>. 그러나 종래의 자가골 이식 및 동종골 이식 등의 방법으로 재건시에는 몇가지 문제들이 따르게 된다. 충분한 이식골의 획득이 어렵고 또한 죽은 이식골과 수용골의 불유합, 이

식골의 흡수 및 골절 수술후 장기간 고정의 필요성 등의 문제점이 있을 뿐 아니라 그 결과도 불량한 경우가 많다. 1974년 Östrup등이 실험동물에서 유리 생골 이식술을 성공하고<sup>17)</sup>, 1975년 Taylor등이 유리 생비골이식술을 인체에서 최초로 성공한<sup>21)</sup> 이후 유리 생골 이식술의 임상적 적용이 활발히 진행되고 있다. 혈관 부착 생골 이식술은 이식골의 골세포 및 골모세포가 살아 있어 이식골의 잠행성 치환에 의한 대체없이 치유된다<sup>3, 10)</sup>. 그에 따라 골유합의 시간을 단축시키고 골유합을 더욱 확실히 조기에 얻을 수 있어 고정기간을 단축시킬 수 있고 이식골의 흡수 및 이에 따른 골절이나 골단축의 문제점을 해결할 수 있는 이상적인 방법으로 생각되고 있다<sup>6, 8, 23)</sup>.

현재 유리 생골 이식술시 공여부로는 늑골, 장골릉, 비골이 주로 사용되고 있으며 중족골과 쇄골도 이용되고 있다<sup>12, 19, 20, 21, 24)</sup>. 이중 늑골과 장골릉

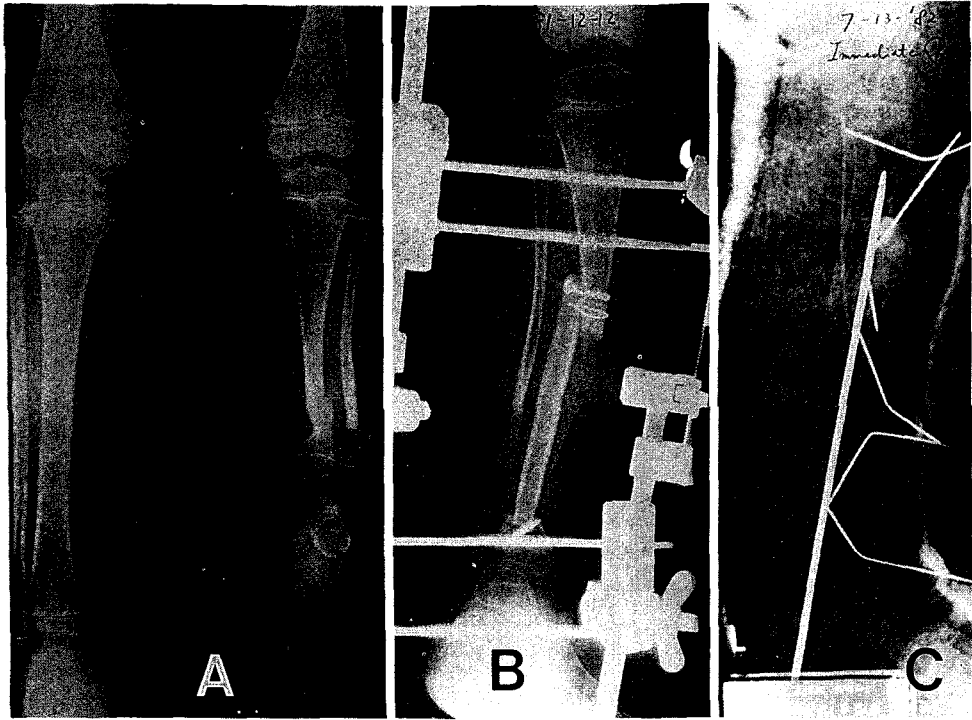


Fig. 3-1. X-rays of an congenital pseudarthrosis of tibia.

- A) A preoperative X-ray showed shortening and pseudarthrosis of tibia.
- B) Immediate postoperative X-ray after vascularized fibular graft.
- C) Bone graft and electrical stimulation was performed because of the failure of vascularized fibular graft, and union was achieved 17 months later.

은 주위의 연부조직 및 피부를 같이 옮길 수 있기 때문에 연부조직이나 피부 결손이 동반된 골결손의 치료에 이용할 수 있다<sup>20, 24</sup>). 늑골의 경우 혈관 분포의 개인차가 적고 공여부의 결손이 작으며 휜성(malleability)이 큰 장점이 있어<sup>12, 25, 26</sup>), 하악골 등의 재건술에 자주 사용되나 뼈자체의 강도가 약하기 때문에 사지골 특히 하지골로의 이식에는 제약이 있을 뿐만 아니라 후늑간동맥을 사용하는 경우 흉관의 삽입을 요하는 경우가 있고, 정상적으로 굴곡되어 있기 때문에 결손부위가 큰 경우 사용이 곤란한 점이 있다<sup>12, 24, 25</sup>). 정상적 굴곡이 있는 것은 장골릉도 마찬가지로 10cm이상의 골결손시 사용이 곤란하다<sup>18</sup>). 저자들의 경우 하지에 사용한 늑골이식의 경우 골유합이 완성된 후에도 골비후가 일어날 때까지는 보조기를 착용시켰다. 또한 늑골의 경우 Daniel<sup>7</sup>), Taylor<sup>20, 22</sup>)은 영양동맥으로 후늑간동맥을 사용하여야만 골막 혈액공급 뿐만 아니라 골수강내 혈액공급을 유지시킬 수 있기 때문

에 더 좋은 결과를 얻을 수 있다고 한 반면, Ariyan<sup>21</sup>), Bunke<sup>5</sup>) 등은 후늑간동맥의 경우 박리가 힘들고 골의 굴곡이 심하며 혈관경이 짧을 뿐만 아니라 골막 혈액공급만을 유지시켜도 좋은 결과를 얻을 수 있기 때문에 전늑간동맥의 이용을 권장하였다. 저자들의 경우에는 후늑간동맥을 사용하였다.

피부와 골결손이 같이 있는 곳에서는 늑골과 thoracic skin을 같이 포함하는 늑간 골-피판(intercoastal osteocutaneous flap)과 장골능과 그 위의 피부를 포함하는 서해부 골-피판(groin osteocutaneous flap) 등이 많이 사용된다. 저자들의 경우 골결손과 피부 결손이 함께 있는 경우에 장골능 공여부로 사용한 5례중 2례와 늑골 1례에서 골-피판 이식술을 시행하였다.

현재 정형외과 영역에서 가장 많이 사용되고 있는 공여부는 비골이다. 비골은 공여부의 결손이 작을 뿐만 아니라 강하기 때문에 대퇴골이나 경골

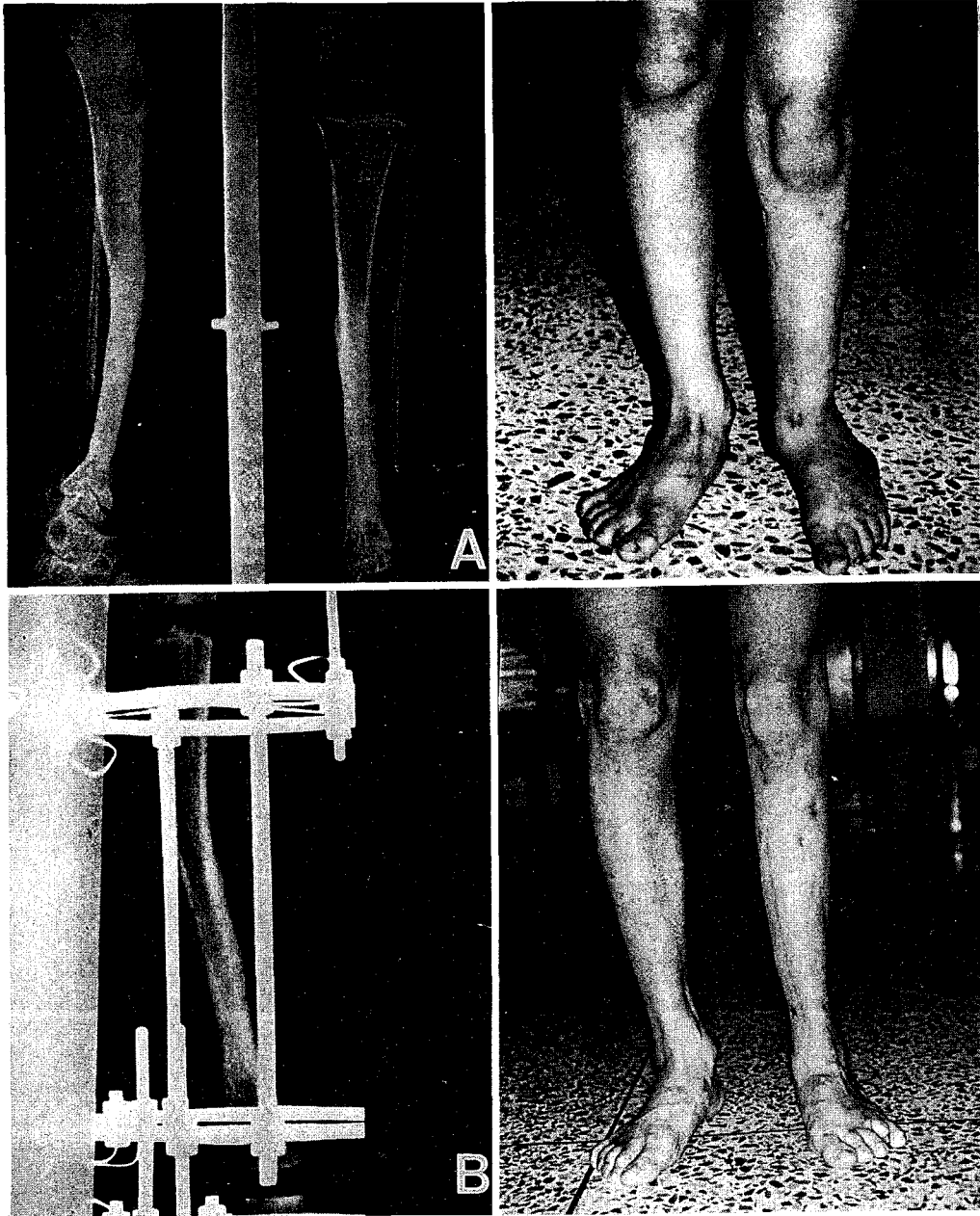


Fig. 3-2.

- A) The union was solid but marked shortening of the left lower leg was found at 4 years after bone graft and electrical stimulation.
- B) This leg length discrepancy was corrected by internal bone transport with Ilizarov instrumentation.

로 이식하기 좋고 그 근위부를 사용하는 경우 요골의 원위부에 이식할 때와 같이 관절면의 역할을 해낼 수도 있다<sup>12, 20, 21, 24, 25</sup>. 저자들의 경우 전체 21례 중 15례에서 비골을 공여부로 이용하였고, 요골

원위부의 거대세포종으로 광범위 절제술 후 비골 이식을 행한 1례에서 비골두를 완관절의 관절면으로 사용하였는데 관절운동범위는 만족할 만하지 못했다. 또한 비골은 장비근(peroneus longus)을

같이 옮길 수 있어 건의 결손이 같이 있는 경우 이용할 수 있다고 하며<sup>24)</sup>, 소아기에 있어 근위골단을 포함하여 이식하는 경우 성장을 기대할 수 있기 때문에 만곡수(club-hand)의 치료에 이용될 수 있다고 보고된 바 있다<sup>15, 21, 26)</sup>. Hentz등에 의하면 일반인의 약 5%에서 후경골 동맥이 없이 비골동맥이 그 역할을 대신하는 경우가 있어서 수술전 혈관조영술의 중요성을 언급하였다<sup>4)</sup>. 그러나 저자들의 경우에는 비골을 공여부로 사용한 전례에서 혈관의 기형을 발견할 수 없었다.

선천성 가관절증의 치료로 과거에는 수차에 걸친 골이식술로도 약 50%의 성공률 밖에 얻지 못했으나<sup>16)</sup>, 최근 전기자극술이나 혈관 부착 생골 이식술을 이용 70~80%의 성공률이 보고 되고 있다<sup>4, 12, 18)</sup>. 저자들은 3례의 선천성 경골 가관절증 환자에서 혈관부착 비골 이식술을 시행하였는 바, 2례에서는 술후 5개월만에 각각 골유합을 얻었고 1례에서는 근위부에 불유합이 발생하여 술후 7개월에 골이식과 전기자극을 시행하여 술후 17개월만에 골유합을 얻을 수 있었다(Fig. 3). 선천성 경골 가관절증의 경우 수용부의 혈관부포가 불량한 경우가 많고 심지어 수용부 혈관으로 사용될 혈관이 선천적으로 저형성상태인 경우가 있어 수술시행시 어려운 점이 있었고 또한 그 결과에서도 좋은 결과를 기대하기 어려운 것으로 사료되었다.

이상과 같이 혈관부착 생골 이식술은 골유합이 빠르고 수차에 걸친 수술을 요하던 병변을 한차례의 수술로 치료를 가능케 하여 그 치료기간을 단축시킬 수 있으며, 골결손이 큰 경우에도 가능할 뿐만 아니라 감염이나 피부결손이 동반된 경우에도 사용할 수 있는 등의 장점이 있어 많이 사용되어 왔다. 그러나 최근 피부결손이 동반되지 않은 골결손의 경우에는 Ilizarov기기술을 이용한 internal bone transport가 많이 사용되며, 종양절제술 후 발생한 골결손의 경우에는 종양 대체물(tumor prosthesis)을 이용한 치료법이 자주 사용됨에 따라 혈관부착 생골 이식술의 적용범위가 재정립되는 경향이다. 저자들의 경험에 의한 혈관 부착 생골 이식술의 적응증은 5cm 이상의 장관골 결손, 특히 심한 연부 조직 손상을 동반한 골결손으로 사료되었으며, 5cm 이하의 심한 연부 조직 손상을 동반하지 않은 장관골 결손은 최근 개발된 Ilizarov

기기술을 이용한 골연장술로 치료가 가능하고, 관절 주위의 골 종양에 대해서는 종양 대체물로 치료가 가능할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

1. Anderson, K.J. : *Congenital Pseudarthrosis of the Leg. J. Bone Joint Surg.*, 58A : 757, 1976
2. Ariyan, S. and Finseth, F. : *The Anterior Approach for Obtaining Free Osteocutaneous rib Crafts. Plast. Reconstr. Surg.*, 62 : 676, 1978
3. Berggren A., Weiland A.J., and Östrup L.T. : *Bone Scintigraphy in Evaluating the Viability of Composite Bone Grafts Revascularized by Microvascular Anastomosis, Conventional Autogeneous Bone Grafts, and Free Nonvascularized Periosteal Grafts. J. Bone Joint Surg.*, 64 : 799, 1982
4. Brighton, C.T., Friedenberg, Z.B., Zemsky, L.M. and Polish, P.R. : *Direct Current Stimulation of Non-union and Congenital Pseudarthrosis. J. Bone Joint Surg.*, 57A : 367, 1975
5. Bunke, H.J., Furans, D.W., Gordon, L. and Achauer, B.M. : *Free Osteocutaneous Flap from Rib to Tibia. Plast. Reconstr. Surg.*, 59 : 709, 1977
6. Chung-Soo Han, Wood M.B., Bishop, A.T., and Cooney, W.P., III : *Vascularized Bone Transfer. J. Bone Joint Surg.*, 74A : 1441, 1992
7. Daniel, R.K. : *Free Rib Transfer by Microvascular Anastomosis. Plast. Reconstr. Surg.*, 59 : 738, 1979
8. De Boer, H.H., and Wood, M.B. : *Bone Changes in the Vascularized Fibular Graft. J. Bone Joint Surg.*, 71-B (3) : 374, 1989
9. Finseth, F., May, J. Jr. and Smith, R.J. : *Composite Groin Flap with Iliac-Bone Flap for primary Thumb Reconstruction. J. Bone Joint Surg.*, 58A : 130, 1976
10. Goldberg V.M., Shaffer J.W., Field G., et al : *Biology of Vascularized Bone Grafts. Ortho. Clin. North Am.* 18 : 197, 1987
11. Goldberg, V.M., and Stevenson, Sharon : *Natural History of Autografts and Allografts. Clin. Orthop.*, 225 : 7, 1987
12. Hagan, K.F. and Bunke, H.J. : *Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia with Free Vascularized Bone Graft. Clin. Orthop.*, 166 : 34, 1982
13. Hentz, V.R. and Pearl, R.H. : *The Irreparable Free Flap : Skeletal Reconstruction by Microvascular Free Bone Transfer. Annals of Plastic Surg.*, Vol. 10 : 3654, 1983



14. Jacobson, J.H. and Suarez, E.L. : *Microsurgery in Anastomosis of small vessels. Surg., Forum, 11 : 243, 1960*
15. Kuts, J.E. and Thompson, C.B. : *Free Vascularized Bone Grafts. Symposium on Microsurgery, A.A.O.S. : 254, 1979*
16. Morrissy, R.T., Riseborough, E.J. and Hall, J.E. : *Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. J. Bone Joint Surg., 63B : 367, 1981*
17. Östrup, L.T. and Fredrickson, J.M. : *Reconstruction of Mandibular Defects after Radiation, using a Free, Living bone Graft Transferred by Microvascular Anastomosis. Plast. Reconstr. Surg., 55 : 563, 1975*
18. Sutcliffe, M.L. and Fredrickson, J.M. : *The Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia with Pulsing Electromagnetic Field. Clin. Orthop., 166 : 45, 1982*
19. Taylor, G.I. and Watsen, R. : *One-Stage Repair of Compound Leg Defect with Free Revascularized Flaps of Groin Skin and Iliac Bone. Plast. Reconstr. Surg., 62 : 494, 1978*
20. Taylor, G.I. and Siber, S.J. : *Free Vascularized Transfer of Skin Flaps, Bone, Nerve, and Muscle. Microsurgery, Williams & Wilkins Co., 1st ed. : 389, 1979*
21. Taylor, G.I., Miller, C.D.H. and Ham, F.J. : *The Free Vascularized Bone Graft: A Clinical Extension of Microvascular Techniques. Plast. Reconstr. Surg., 55 : 553, 1975*
22. Taylor, G.I. : *Microvascular Free Bone Transfer. Orthop. Clin. North Am., 8 : 425, 1977*
23. Weiland A.J., Moore J.R., and Daniel R.K. : *Vascularized Bone Autografts : Experience with 41 cases. Clin. Orthop., 174 : 87, 1983*
24. Weiland, A.J. and Daniel, R.K. : *Microvascular Anastomosis for Bone Grafts in the Treatment of Massive Defects in Bone. J. Bone Joint Surg., 61A : 93, 1979*
25. Weiland, A.J., Daniel, R.K. and Riley, L.H. : *Application of the Free Vascularized Bone Graft in the Treatment of Malignant or Aggressive Bone Tumors. Johns Hopkins Med. J., 140 : 85, 1977*
26. Weiland, A.J. : *Current Concepts Reviews : Vascularized Free Bone Transplants. J. Bone Joint Surg., 63A : 166, 1981*