

## 전완원위부 변형에 대한 혈관부착 성장판 이식술

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

정덕환 · 한정수 · 유명철 · 한수홍\*

— Abstract —

### Long-Term Result of the Epiphyseal Transplantation in Distal Forearm

Duke Whan Chung, M.D., Myung Chul Yoo, M.D.,  
Chung So Han, M.D., Soo Hong Han, M.D.\*

*Department of Orthopedic Surgery, Kyung Hee University Hospital, Seoul, Korea*

We analyzed 11 children who underwent epiphyseal transplantation to the forearm for manage growing deformity ranged from 2 years 6 months to years(average 5 years 10 months) follow-up period.

Etiologies of the functional impairment of the eleven were five traumatic, three congenital and three tumorous conditions. Lesions of epiphysis were distal radius in eight patients and distal ulna in three patients.

Operation was performed with removal of non-functioning or deformed epiphysis followed by transplantation of free vascularized proximal fibular epiphysis with microvascular anastomosis.

Evaluation was performed radiologically and functionally. The 9(81.8%) patients showed growth of transplanted epiphysis by radiological examination during follow up. At the last follow up, average growth rate was 0.86cm per year excepts 2 cases of no growth. Active wrist motion near normal to contralateral joint was achieved in 7 patients. In other 2 patients, active joint motion was improved but weaker than contralateral joint.

Complications on donor site were two transient peroneal nerve palsy which have been resolved after 2 and 5 months post operation and one valgus ankle deformity. The ankle deformity was corrected with Langenskiöld operation of the distal tibiofibular fusion. At recipient site, there was one superficial infection and it was easily controlled by systemic antibiotics.

Many subsequent reports have described successful nonvascularized epiphyseal transplante, but overall results have been inconsistent and unsatisfactory. Other experimental and clinical studies in the transfer of vascularized epiphyses has encourage its clinical application.

We also could get successful growth in several cases with free vascularized epiphyseal transplantation.

**Key Words :** Vascularized Epiphyseal Transplantation, Epiphyseal Injury

## 서 론

골성장판 손상이나 선천성 기형 등으로 인한 장골의 성장 장애는 그 변형의 점진적 증가로 인하여 많은 어려움이 따르게 되며 종종 심각한 장애를 유발하기도 한다. 이러한 문제의 해결을 위하여 절골술, 골단유합술, 단축 및 외고정기구를 이용한 연장술 등의 치료 방법이 시행되어 왔으나 골성장판의 성장 장애에 대한 근본문제 해결은 될 수가 없었다. 완전히 파괴된 골성장판은 다시 재생될 수가 없으므로 골성장판 손상에 대한 근본치료로 골성장판의 이식 가능성 여부가 여러 저자들에 의하여 연구되어 왔다<sup>1,2,3,6,11,21</sup>. 저자들은 아동기 심한 외상성 성장판 손상이나 기능의 결손을 유발하는 선천성 장애 등으로 전완부의 심한 변형 및 골성장 장애를 동반했던 11례에서 비골 근위단 성장판을 생비골 상태로 이식하여 골성장판 변형의 교정을 도모하였다. 총 11례에서 최저 2년 6개월, 최고 8년의 원격추시가 가능하였으며 대부분의 예에서 이식된 골단과 성장판은 고유의 골성장 기능을 유지하였고 장골의 성장에 기여하고 있었다. 본 논문은 전완원위부로 성장판 이식을 시행했던 11례에 있어 장기추시 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 대상 및 연구방법

1983년 12월부터 1990년 9월까지 경희대학병원 정형외과에 입원한 소아 전완원위부에 있어 외상성 성장판 손상이나 성장판 기능의 결손을 유발한 선천성 기형, 종양 등에 따르는 길이 성장장애를 호소하는 11명의 환자에 대하여 요, 척골 원위단 손상 부위 및 성장판을 포함하여 광범위 절제후 골 및 성장판 결손에 대해서 비골두의 성장판을 포함한 생비골을 미세수술 수기를 통하여 이식하였다. 환자의 연령은 2세에서 15세로 평균 8세였으며 성별은 남자 5명, 여자 6명이었고 병명은 외상후의 성장판 소실

5례, 선천성 만곡수 3례와, 다발성 외골증 3례였다. 추시기간은 최소 2년 6개월, 최고 8년이였다.

결과판정은 수술 전후의 방사선 촬영 및 스캐노그 램상 장관골 전체 길이 성장과 이식한 비골 근위부 성장판의 골길이 성장을 측정하여 비교 분석하였고, 이식 성장판의 생존 여부는 술후 동위원소 골주사를 이용하여 확인하였다.

## 수술 방법

수술은 공여부와 수용부에서 동시에 시작하였고, 혈관의 박리는 2.5배 Loupe를, 혈관 봉합시에는 수술현미경(3.5-18배)을 사용하였다.

비골을 얻기 위하여 Henry approach로써 총비골 신경과 그의 분지 신경을 찾아 정교하게 박리 후 경골과 비골 상부에서 시작하는 비골근과 족관절 신전근의 외측으로 분지되어 주행하는 전경골 비골 상부에서 시작하는 비골근과 족관절 신전근의 외측으로 분지되어 주행하는 전경골 동맥과 성장판 분지의 주행을 추적 박리 후 비골의 전외측 부에 5mm내외의 근육층을 남기고 절개하였다. 비골의 후외측 박리는 슬와혈관과 후경골 신경을 찾아 확인하고, 슬와근의 비골 기시부에서 비골에 평행하게 1-2cm 절개하여 후경골 혈관 및 비골 혈관을 확인하였다. 비골 혈관은 그 자체의 주행과 더불어 분지에서 나오는 비골의 골간단동맥 및 영양동맥의 주행을 따라 역추적 박리하고, 골간단 동맥의 분지를 따라 상부의 추적 박리로 골성장판 및 비골두에 공급되는 혈관분지를 다치지 않게 주의하면서 비골두에 연결된 연부조직과 인대 및 이두근을 분리하였다(Fig. 1).

본 저자들은 이식비골의 근위부 성장판 혈류 공급을 주는 공여부 혈관으로써 비골동맥의 골간단 분지를 택했던 2례에서는 비골두 주위의 혈류 공급 혈관인 전경골 동맥분지와 하외측 슬상 동맥의 골간 분지를 결찰하고 비골 동맥을 충분히 박리하여 필요로 하는 혈관의 길이를 얻을 수 있었다. 또 공여부 혈관을 전경골 동맥의 분지를 이용한 7례, 하외측 슬

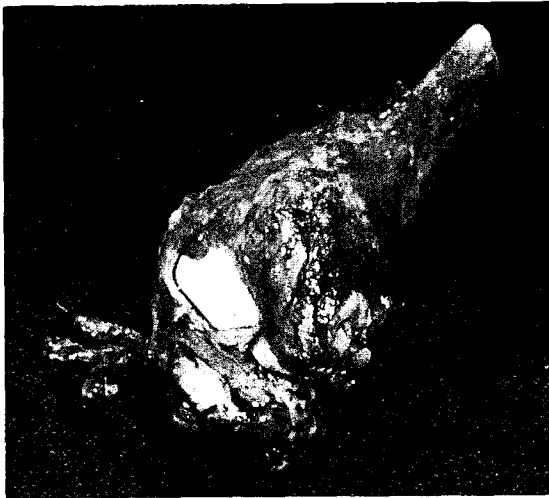


Fig. 1. Harvested proximal fibula and epiphysis with preservation of epiphyseal vessels on 4 years old patient.

상 동맥의 분지를 이용한 2례에서도 다른 혈관을 결찰하고 박리하여 필요로하는 혈관의 길이를 확보하였다.

채취한 성장판을 포함한 비골은 공여부와 상황에 따라서 완관절의 해부학적 형태에 맞추어 측부인대를 보완하고 관절의 정확한 위치를 맞춘후 상부에서 충분히 절제하고 압박금속판으로 비골을 고정후 수여부동맥에 혈관봉합을 시행하였다.

## 결 과

추시 방사선 계측상 총 11례중 9례(82.8%)에서 지속적인 길이성장을 볼 수 있었다(Table 1). 성장률은 이식된 비골의 원위부 나사못과 근위부 골단까지의 길이를 측정하여 계측하였다. 정기적 방사선 촬영의 계측에서 길이 성장을 얻을 수 없었던 2례를 제외하고 1년에 평균 0.86cm의 길이성장을 볼 수 있었으며 각각의 원인별 길이성장은 외상후의 성장판 소실에서 평균 0.98cm/년, 선천성 만곡수에서 0.33cm/년, 다발성 외골종에서 1.1cm/년이었다(Table 2). 공여 혈관별로 나누었을 때 전경골 동맥의 경우 1.3cm, 비골 동맥에서 0.41cm, 하외측 슬상동맥을 이동할 경우에서 0.42cm의 1년 평균 성장을 보여주었다(Table 3).

이식부의 능동적 관절 운동은 견측과 비교할 때 7

Table 2. Growth rate by Etiology

Etiology	No. of cases	Average growth rate(cm/yr)
Post-traumatic	5	0.98
Congenital	2	0.33
	1	-
Tumor	2	1.1
	1	-

Table 1. Summary of the clinical cases

Etiology	Age	Sex	Deformity	Affected bone	Donor artery	Growth rate(cm/yr)	Complication
Multiple exostosis	7	F	varus forearm	ulna	anterior tibial	1.2	
Cong. club hand	6	F	radial deviation	radius	peroneal	0.41	
Posttraumatic	4	F	raial deviation	radius	anterior tibial	0.8	
Multiple exostosis	2	F	ulnar deviation	ulna	peroneal	-	valgus ankle
Cong. club hand	15	M	radial deviation	radius	descending genicular	0.25	
Cong. club hand	15	M	radial deviation	radius	anterior tibial	-	
Posttraumatic	11	M	radial deviation	radius	anterior tibial	1.1	
Posttraumatic	7	M	radial deviation	radius	descending genicular	0.6	transient peroneal n. palsy
Multiple exostosis	8	F	radial deviation	radius	anterior tibial	1.3	transient peroneal n. palsy superficial infection
Posttraumatic	8	F	ulnar diviation	ulna	anterior tibial	1.1	
Posttraumatic	4	M	radial deviation	radius	anterior tibial a.	1.3	

**Table 3.** Growth rate by Donor Artery

Donor artery	No. of cases	Average growth rate(cm/yr)
Anterior tibial a.	6	1.3
	1	-
Peroneal a.	1	0.41
	1	-
Descending genuclate a.	2	0.42

레에서 거의 정상에 가까운 운동을 보여 주었고, 2레에서는 이식골의 성장이 없었기에 관절운동의 호전은 보이지 않았다. 나머지 2레에서는 관절운동의 호전이 어느정도 있었으나 만족스럽지는 못하였다.

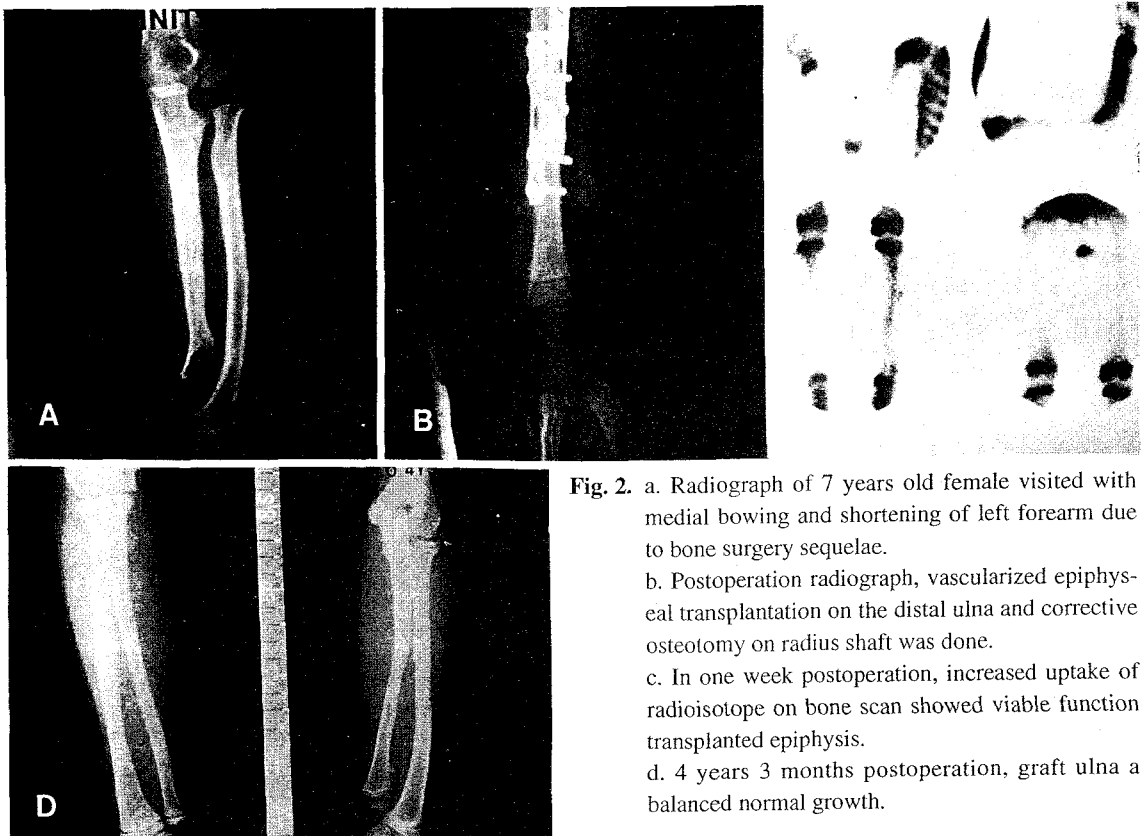
합병증으로 2레에서 공여부의 비골신경 마비가 동반되었으나, 이는 각각 2개월, 5개월뒤 회복되었으며, 1레에서 족부의 외반변형이 있었다. 족부변형은 Langenskiöld 수술에 의해 교정되었고 수혜부의 합병증으로는 1레에서 천부성 감염증이 있었으나 전신성 항생제의 사용으로 회복되었다.

증례 보고

증례 1

7세 여아로 3년전부터 시작된 좌측 전완부 내측 만곡(Bowing)과 전완부 단축을 주소로 내원하였다. 과거력상 상기 환자는 척골 원위부의 다발성 골연골종에 대하여 수술적 치료를 받은 바 있으며 방사선 소견상 잔존하는 다발성 골연골종의 병변과 수술시 발생한 척골 원위부 성장판 손상에 의한 길이 성장 장애와 요골의 내측만곡을 보였다(Fig. 2-a).

전경골 동맥을 부착한 성장판 이식술을 시행하였고 술후 1주일에 시행한 동위원소 골주사상 이식부의 생존을 확인할 수 있었으며(Fig. 2-b,c), 연평균 12mm의 이식골의 성장을 보여 주었다. 술후 4년 3개월의 방사선 사진에서 변형은 완전히 소실되고, 이식한 비골 성장판을 포함하여 요골은 정상적인 성장 소견을 보였다(Fig. 2-d).



**Fig. 2.** a. Radiograph of 7 years old female visited with medial bowing and shortening of left forearm due to bone surgery sequelae.  
 b. Postoperation radiograph, vascularized epiphyseal transplantation on the distal ulna and corrective osteotomy on radius shaft was done.  
 c. In one week postoperation, increased uptake of radioisotope on bone scan showed viable function transplanted epiphysis.  
 d. 4 years 3 months postoperation, graft ulna a balanced normal growth.

증례 2

4세 남자로 좌측 전완부의 단축과 요측 만곡 변형을 주소로 내원하였다. 방사선 소견상 요골의 완관

절에서의 성장판의 결손 및 골간단부를 포함한 경화를 보여 (Fig. 3-a) 이는 외상후 성장판 손상의 소견으로 수술은 요골 원위부를 제거하고 발생된 골결손에 대하여서는 우측 비골두 및 성장판을 포함한 비

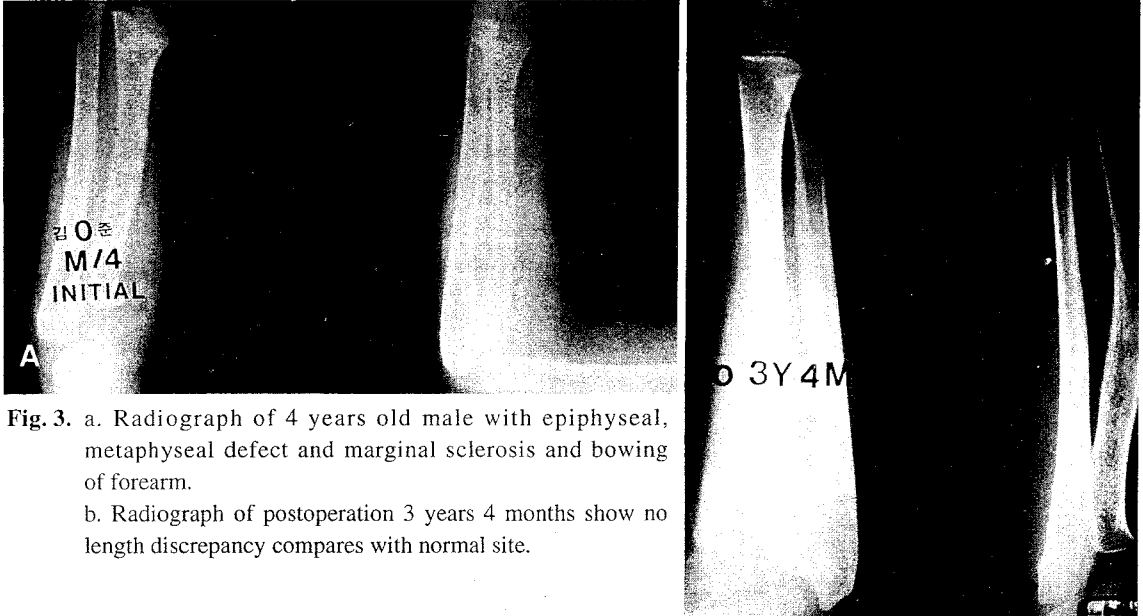


Fig. 3. a. Radiograph of 4 years old male with epiphyseal, metaphyseal defect and marginal sclerosis and bowing of forearm.  
b. Radiograph of postoperation 3 years 4 months show no length discrepancy compares with normal site.

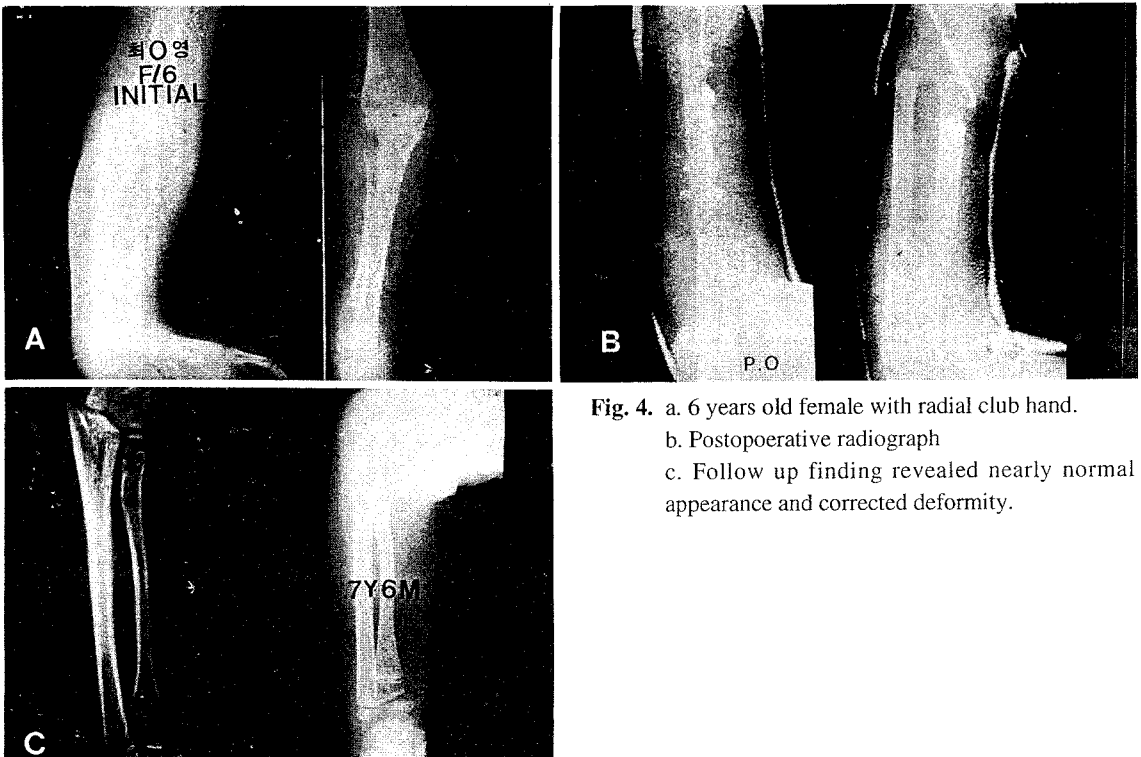


Fig. 4. a. 6 years old female with radial club hand.  
b. Postoperative radiograph  
c. Follow up finding revealed nearly normal appearance and corrected deformity.

골 근위부를 이식하고 압박금속판을 이용한 골고정을 시행하였으며 비골의 전경골 동맥을 수용부의 요골 동맥에 문합하였다. 술후 3년4개월 동안 건축과의 비교에서 전완부의 길이 차이가 없었으며 동측의 요척골 길이 성장율은 연평균 13mm로 비슷하여 기형의 교정 및 견고한 골유합 소견을 보이고 있다(Fig. 3-b).

### 증례 3

6세 여아로 선천성 만곡수로 인해 성장판 이식술이 시행되었다(Fig. 4-a). 좌측 하지에서 비골 4cm를 채취하였고 공여부 채취시 전경골 동맥의 존재가 확인되지 않아 비골의 골간단부에 혈액을 공급하고 있는 비골동맥을 박리하였고 채워진 비골과 함께 전완의 원위부에 이식하였다(Fig. 4-b). 8년동안 추적관찰한 결과 전완부의 기능과 운동범위는 반대편 건축과 비교해 볼때 거의 동일하였다(Fig. 4-c).

## 고 찰

소아 성장판의 손상이나 선천성 장애로 인한 성장골의 변형 및 발육장애를 치유하기 위한 성장판 이식은 19세기말 이래로 여러 연구가들에 의해 시도되었고 논란의 여지가 되기도 하였으나<sup>1,3,4,5,8,16</sup> 미세수술분야의 발달로 수혜부의 성장을 유지시키는 혈관부착 성장판 이식술의 실험적 연구는 가속화 되었다<sup>7,10</sup>. 여러 보고서들이 혈관봉합없이 성장판 이식을 성공적으로 시행하였다고 잇달아 발표했지만 전체적인 결과는 불합리하고 만족스럽지 못하여 또 다른 방법인 혈관부착 성장판 이식에 대한 실험 및 연구가 임상적으로 적용되었다<sup>6,9,19,21,22</sup>.

초기에는 주로 실험동물에게서 이식된 성장판의 성장능력에 관심을 기울여 Helferich<sup>12</sup>, Rhen<sup>14</sup>, Heller<sup>12</sup>는 다양한 결과를 보고하였고, Rhen과 Wakabayashi<sup>14</sup>는 동종 이식 (homoplastic transplantation) 후 성장판의 연골은 완전히 성장할 수 있는 잠재력을 유지한다고 결론지었다. Haas<sup>10</sup>의 개에서의 이식된 성장판에 대해 연구 후 임상적으로 적용하기에는 정당성이 없다는 결론에도 불구하고 1929년에 Strab<sup>17</sup>에 의해 최초로 성장판 이식술이 성공하게 되었으며 그는 하지경골의 성장판의 일부를 반대편하지에 이식시켜 성장을 지속케

하여 결손된 하지의 기능을 유지할 수 있도록 하였다. Wenger<sup>20</sup>는 족부로 비골을 성공적으로 이식시킨 후 성장판 이식술은 소아에 있어 골격의 성장을 도모할 수 있는 가치있는 수기라고 확신하였다. Graham<sup>9</sup>은 2개의 성장판을 포함하는 족지 관절 전체의 이식술을 발표하였는데, 이식후 2개월동안 길이 성장이 있었음을 보여주었다.

Taylor<sup>18</sup>는 전경골동맥이 성장판의 혈관화에 지속적으로 관여할 뿐아니라 하행성 주동맥으로부터 기인하는 몇몇 근골막 분지(musculoperiosteal br.)에 의해 비골의 근위 2/3부위로 혈액공급이 확산된다는 해부학적 소견을 발표하였다. 또한 비골동맥이 영양동맥과 골막 network에 의해 비골 원위 3/4부위의 혈액공급을 담당한다고 발표했으며, 따라서 전경골 동맥이 혈관부착 성장판 이식시 사용되는 혈관 중 보다 믿을 수 있는 혈관이라고 보고하였다.

본 저자들의 경우는, 전경골동맥과 하외측 슬상동맥 그리고 비골동맥을 공여부 혈관으로 사용하였다. 이식된 결관의 유합과 성장률에 있어서 전경골 동맥의 경우가 가장 높은 성장율을 보여주었다. 이식성장판의 성장률에 대해서는 1978년 Tsu-Min Tsai<sup>20</sup> 등이 2례에서 비골근위부 성장판을 하외측 슬상동맥 및 비골동맥 분지를 현미경하에서 상박부 및 전박부에 이식하고 길이 성장을 추적하여 0.22cm/year, 1.2cm/year의 성장을 보고한 바 있고 1988년 유 등<sup>21</sup>이 3례에서 이식비골 근위부 성장판 길이 성장율을 1.3cm/year로 보고한 바 있다. 저자들의 예에서는 14례중 11례에서 길이성장을 보였으며 연평균 0.85cm의 성장율을 보여 전자들의 경우와 차이가 없는 결과를 보여주었다. 저자들의 경우 이식성장판의 성장이 없었던 3례중 2례는 이식된 비골 골두의 골흡수를 보였는데 이는 비골동맥과 수혜부의 혈액공급이 불충분하였음을 짐작케 할 수 있었고, 나머지 1례는 골흡수는 되지 않았지만 15세에 시행한 예로 골단판의 성장기능에 있어 늦은 시기의 수술입을 추정할 수 있었다.

이상에서와 같이 혈관부착 성장판 이식술은 고도의 기술적 문제, 장시간의 수술로 인한 감염의 가능성, 하지 주요혈관 일부의 손상 등의 단점이 지적될 수 있으나 소아에서 성장판 손상을 동반한 장골의 결손이나, 성장판을 침범한 골종양의 광범위 절제후 생긴 골결손의 재건, 선천적 성장판 기능 소실에 대

해 교정 및 골길이 성장을 유도할 수 있는 좋은 방법으로 사료되는 바이다.

## 결 론

저자들은 성장기 아동에서 골성장판 손상이나 선천성 기형으로 인한 원위전완부 성장장애 환자 11명의 소아에 대해 혈관부착 생비골 및 비골 근위부 성장판 이식술을 시행, 추적조사에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 9례에서 이식후 이식 비골의 근위부 성장판은 계속적인 길이성장을 보여주고 있어 술전의 기형이 교정되었다.
2. 이식 성장판의 성장 및 크기는 방사선적 조사에서 지속적 성장기능을 갖고 있음을 알 수 있었다.
3. 전경골 동맥을 공여부 혈관으로 사용한 례에서 가장 높은 성장율을 보여 주었다.
4. 혈관부착 성장판 이식술은 자라는 소아의 감소된 성장판 기능을 치유하는데 가장 효과적인 방법임을 제시할 수 있으나 숙련된 미세수술 수기가 요구되며 술후 골격 성장동안의 장기간에 걸친 추적 조사가 필요함을 확인할 수 있었다.

## REFERENCES

- 1) 유명철, 안진환, 이방섭 : 혈관부착 비골골단 및 성장판 이식. 대한정형외과학지 20:1153-1160, 1985.
- 2) 유명철, 정덕환, 한정수, 신문호, 나기남 : 생비골 성장판 이식술을 이용한 소아 성장판 장애의 재건. 대한정형외과학회지, 23:1477-1484, 1988.
- 3) Brown K, Marrie P, Lyszakowski T, Daniel R and Groess R : Epiphyseal growth after free vascular transfer with without microvascular anastomosis. *J Bone Joint Surg*, 65-B:493-501, 1983.
- 4) Chen ZW, Yan W : The study and clinical application of the osteocutaneous flap of fibula. *Microsurgery*, 4:11-16, 1983.
- 5) Dal Monte A, Amidsano A and Capanna R : Lengthening of the radius or ulna in asymmetrical hypoplasia of the forearm(report on 7 cases). *Ital J Orthope Traumatol*, 6:329-342, 1980.
- 6) Donski PK, Carwell GR and Sharzer LA : Growth in revascularized bone graft in young puppies. *Plast Reconstr Surg*, 64:239-248, 1979.
- 7) Donski PK and O'Brien B : Free microvascular epiphyseal transplantation : an experimental study in dogs. *Br J Plast Surg*, 33:169-176, 1980.
- 8) Fogel GRT, McElfresh EC, Peterson HA and Wicklund PT : Management of deformities of the forearm in multiple hereditary osteochondromas. *J Bone Joint Surg*, 66-A:670-680, 1984.
- 9) Graham BS : The results of epiphyseal transplant by flap and free graft : A brief survey. *Plast Reconstr Surg*, 36:227-230, 1965.
- 10) Hass SL : The experimental transplantation of the epiphysis with observation on the longitudinal growth of the bone. *J. Am. Med. Assn.* 65:1965-1971, 1915.
- 11) Harris WR, martin R and Tile M : Transplantation of epiphyseal plate, *J Bone Joint Surg*, 47-A:897-914, 1965.
- 12) Helferich H : Versuche uber die transplantation des intermediarknorpels wachsender rohrenknochen. *Dtsch Z Chir*, 51:564-573, 1899.
- 13) Heller E : Versche Uber die Transplantation der Knorpelfugen. *Arch F. Klin. Chir*, 109:1-62, 1918.
- 14) Rehn, Edward and Wakabayashi : Die homoplastische Transplantation des Intermediarknorpels in Thierexperiment. *Arch F. Klin. Chir*, 97:1-34, 1912.
- 15) Siffert Rs and Levy Rn : Correction of wrist deformity in diaphyseal aclasis by stapling : report of a case. *J Bone Joint Surg*, 45-B:292-304, 1983.
- 16) Solomon L : Hereditary multiple exostosis. *J Bone Joint Surg*, 46-B:292-304, 1983.
- 17) Straub GF : Anatomic survival, growth and physiologic function of an epiphyseal transplant. *Surg Gynec and Obstetr*, 48:687-690, 1929.
- 18) Taylor G, Miller G and Ham F : The free vascularized bone graft. *Plast Reconstr. Surg*, 55:533-539, 1975.
- 19) Trueta J and Morgan JD : The Vascular Contribution to Osteogenesis. *J Bone Joint Surg*, 42-B:97-105, 1960.
- 20) Tsai TM, Jupiter JB, Kutz JE and Kleinert HE : Vascularized autogenous whole joint transfer in hand. A clinical study. *J Hand Surg*, 7:335-342, 1978.
- 21) Weiland AJ : Current concept review. Vascularized free bone transplant. *J Bone Joint Surg*, 63:166-169, 1981.
- 22) Wenger HL : Transplantation of epiphyseal cartilage. *Arch Surg*, 50:148-151, 1945.
- 23) Whitesides E : Normal growth in a transplanted epiphysis. Case report with thirteen-year follow up. *J Bone Joint Surg*, 59-A:546-547, 1977.