

## 슬관절 부분결손에 대한 혈관부착 비골근위 관절면을 이용한 재건술

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

정 덕 환

— Abstract —

### **Partial Knee Joint Defect Reconstruction with Vascularized Proximal Fibular Articular Surface**

**Duke Whan Chung, M.D.**

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

It has been very difficult to managing partial joint defect in any etiologies, especially in children. Unicondylar defect of the tibial condyle in children reconstructed with proximal fibular head with articular cartilage from 1995. Two kinds of transferring methods were used, peroneal artery pedicled ipsilateral fibula head transposition to defective lateral tibial condyle defect that revealed poor prognosis with gradual absorption of transposed fibular epiphysis. Free vascularized fibular head transplantation with microvascular anastomosis underwent in the case with medial condyle defect of tibia which revealed very satisfactory results.

Author can conclude with these clinical experiences :

1. Tranposition without epiphyseal vessels intact is not sufficient in fibular head osteochondral transplantation in reconstruction of tibial condyle defect. That means peroneal arterial vascular pedicle is not enough for transplanted proximal epiphysis maintains its function on articular surface and growth activity in children.
2. The anterior recurrent tibial artery is one of the most important and easy to utilizing vessel in proximal fibular epiphyseal transplantation.
3. Free vascularized fibular head transplantation is hopeful method in reconstruction of the knee joint in the patient with partial joint defect which has no effective solution in conventional methods.

**Key Words** : Partial joint defect reconstruction, Proximal fibular epiphysis, Microvascular joint transplantation

## I. 서 론

외상으로 인하여 고관절, 슬관절과 같은 대형관절의 관절면의 부분적인 결손시에는 인공관절 대체술을 하기에는 아까운 경우가 많다. 특히 슬관절과같이 내측 또는 외측의 한쪽 관절면만의 결손시에는 부분적인 관절치환술에 많은 어려움이 동반될 수 있다. 특히 성장기 소아에서는 부분적인 관절 결손으로 인한 변형이 진행되며 관절연골의 퇴행성 변화가 발전되어 심각한 장애를 일으키게 된다. 그러나 현재까지 소아 환자에서 슬관절의 내측 또는 외측 관절면을 포함한 관절 주변의 편측 골 결손에 대한 효과적인 치료 방법이 제시되지 못하고 있는 실정이다. 저자들은 내측 경골과(tibial condyle) 및 외측 경골과의 부분적인 결손으로 슬관절의 내반 또는 외반변형이 진행중인 소아환자에 대하여 결손된 관절면의 재건 및 변형진

행을 방지할 수 있을 것으로 생각되는 비골 근위부 관절연골 및 골조직을 혈관 부착상태로 결손부로 이식하는 방법을 시행하고 수술수기 및 증례의 분석을 통하여 술식의 유용성과 문제점을 보고하고자 한다.

## II. 연구 대상

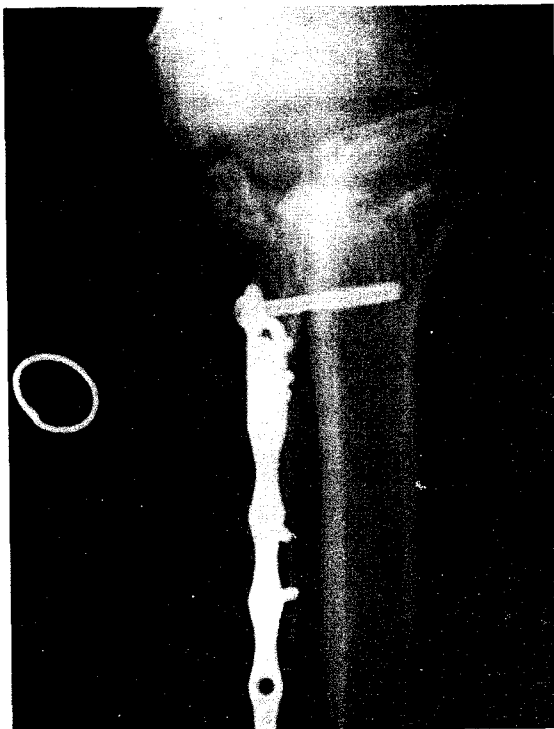
1995년부터 1996년까지 경골 근위부 관절면의 부분결손이 있는 소아 2례에 대하여 일례는 동측 비골 근위관절 골연골을 비골동맥 및 이의 동반정맥 혈관경을 보존한 채로 골결손부로 전위(tranposition)시키는 방법을, 다른 일례에서는 반대측 비골의 근위 골연골을 전경골동맥을 부착하여 수확하여 수여부의 전경골혈관(anterior tibial artery and veins)과 미세혈관 문합술을 시행하는 방식을 채택하였다. 동측 전위례는 11세 남아였고(Fig. 1) 반대측 이식례는 6세 여아로(Fig. 2) 모두 교통사고로 인하여 슬



Fig. 1. Preoperative radiographic finding in 11 years old boy with traumatic defect of lateral tibial condyle which expected significant problem in knee joint function and growth.



Fig. 2. Preoperative radiographic finding in 6 years old girl with traumatic defect of medial tibial condyle which is significant problem in joint function and expecting progressive deformity in knee joint.

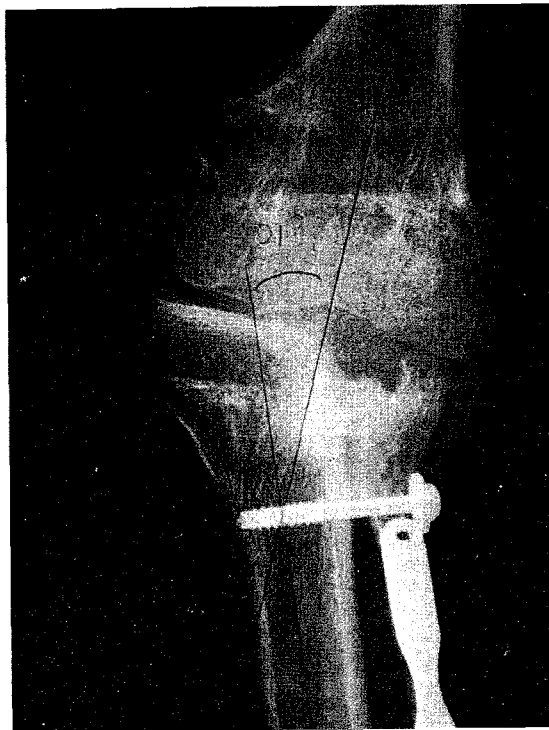


**Fig. 3.** Postoperative radiography of the patient Fig. 1, ipsilateral fibula transferred to the defective lateral tibial condyle for replacing defective bone and cartilage including whole epiphysis of the fibula which based on peroneal arterial vascular pedicle.

관절 주변에 심한 연부조직손상을 동반한 개방성 분쇄골절에 의한 관절결손이었다. 모두 타의료기관에서 가료 후에 관절운동 제한 및 진행되는 슬관절 변형을 주 소로 내원하였다. 본 교실에서 부분관절 재건술 후 지속적인 방사선 검사 및 관절에 대한 전산화 단층촬영 등으로 원격 추시중이다.

### 1. 수술방법

1) 동측비골의 비골동맥 혈관경을 이용한 전위성 외측 경골과(tibial condyle)의 전 결손(whole defect)을 재건하기 위하여 경골 근위부에 후외방 도달법으로 외측 경골과의 결손부위의 반흔조직을 모두 제거하여 전위되어 이동하는 동측의 비골두(fibular head)를 충분히 수용할 수 있는 공간을 만든 후 원위방향(distal direction)으로 절개를 진행하여 비골의 영양동맥(nutrient artery)인 비골동맥(peroneal artery)이 비골로 진입하는 부위인



**Fig. 4.** Postoperative 6 months in ipsilateral fibular transposition patient. Metaphyseal portions of the both bones are well united, progress of the absorption in tranposed epiphysis of fibula was observed.

비골 중위부 후외방에 위치하고 있는 영양공(nutrient foramen)을 확인하고 영양공 직 상부에서 비골을 절골하고 비골근위부 전체를 비골두의 연골면을 모두 보존한 채로 비골동맥 혈관경을 부착시킨 채로 근위부로 전위시켜 경골외측과 결손부위에 비골두가 채워지게 이동시키고 전위된 비골의 골간단부는 원위부에 남아있는 비골간부(diaphysis)를 중축으로 절골하여 서로 겹치게 하여 금속판 및 금속나사로 고정하였다. 이때 경골의 근위관절면과 비골두의 관절 연골선(articular surface)이 일치하도록 노력하였다. 비골동맥의 혈관경이 꼬이거나 다른 조직에 눌러서 혈행에 장애를 받지 않나 확인하고 전위된 비골근위골편 및 비골두의 혈액순환 상태를 확인한 다음 연부조직 및 피부를 봉합하였다.

2) 반대측 비골원위부를 혈관부착 상태로 이식하는 수술수기  
양측하지를 모두 준비하여 수여부는 전내측 도달



**Fig. 5.** Postoperative 2years in ipsilateral fibular transposition, total absorption of the grafted fibular head and severe genu valgum deformity and joint function limitation are expected. But metaphyseal portions are solid united that can be suggest grafted fibular was under vascular supply by peroneal vasculature.

범으로 내측 경골과 결손부위 및 전경골동맥과 정맥의 개존여부를 확인하고 공여부는 슬관절의 전외측 방향에서 근위 경비관절(proximal tibiofibular joint)을 중심으로 후외측에서부터 전내측으로 10-15cm 정도의 사선형 피부절개를 가하고 피부 및 피하조직을 전인하면서 장경대와 대퇴이두근의 비골두 부착부위를 확인하고 두 구조물 사이로 깊이 도달하여 비골두에 부착하는 대퇴이두근을 비골두를 둘러싼 연부조직을 일부 포함하여서 비골두로부터 분리한다<sup>9)</sup>. 근위비골 골연골(osteochondral portion)로 주행하는 Anterior tibial recurrent artery를 확인하고 이를 잘 보존하고 이의 모혈관인 전경골동맥(anterior tibial artery)으로 향하여 박리하여 전경골동맥의 원위부 주행 경로를 잘 분리하여 보존하고 비골 간부(diaphysis)에서 필요로한 만큼의 길이로 절골하고 전경골동맥은 수여부의 전경골동맥과

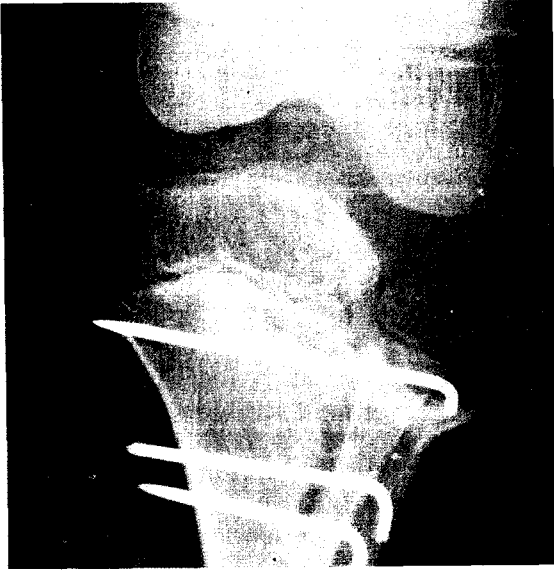
미세혈관 문합에 충분할 만큼의 길이에서 절찰하고 절단한 다음 분리한다. 공여된 비골은 수여부인 내측 경골과(medial tibial condyle)의 결손 부위에 관절면을 서로 잘 맞추어서 금속나사 및 금속판을 이용하여 고정하고 수여부의 전경골혈관과 미세혈관문합 후 이식골의 출혈여부를 확인한다.

### III. 결 과

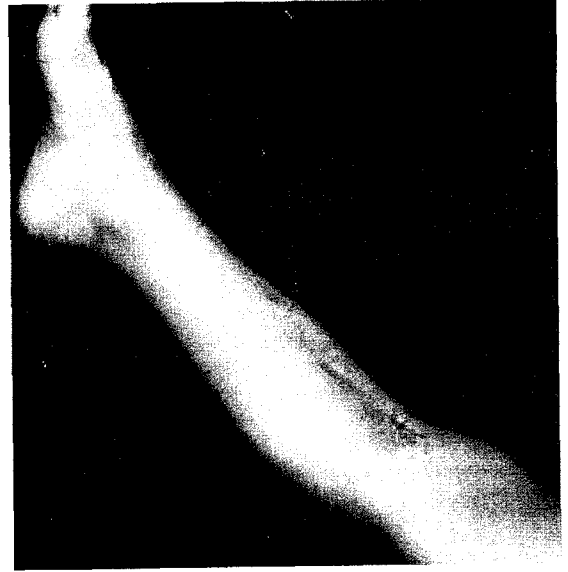
30개월의 원격추시상 동측비골을 전위한 예에서는(Fig. 3) 관절부분의 골연골이 술 후 6개월까지는 생존하고 있는 것으로 판정되었으나 그 이후로는 연골부의 점진적인 위축과 분절양상이 점진적으로 진행되다가(Fig. 4) 술 후 2년 경과시에는 완전히 흡수되어 관절면의 불균형이 초래되어 외형적으로 Genu valgum 변형이 고착되어(Fig. 5) 환아는 지속적인 파행과 관절운동시에 동통을 호소하고 있다. 향후 하지의 변형에 대하여 교정 절골술등의 추가적인 수술적인 술식이 필요할 것으로 사료된다. 반대측 비골근위부를 전경골동맥을 포함하여 미세혈관 수술로 이식하여 슬관절을 재건한 예에서는(Fig. 6) 술 후 5개월에 이식골의 유합을 확인할 수 있었으며 관절연골부도 위축되지 않고 형태를 잘 유지하고 있으며 지속적인 방사선 검사상 이식된 골연골(osteochondral portion)의 점진적인 비후와 슬관절의 기능이 점진적으로 개선되었고 술 후 12개월 추시시에 환아는 보행시 파행을 관찰할 수 없었으며 스포츠활동도 가능하고 슬관절 운동시 동통이 없고 능동적인 슬관절 굴곡 135도와(Fig. 7) 정상적인 신전력을 보이고 있다(Fig. 8). 술 후 24개월에 시행한 방사선검사(Fig. 9) 및 전산화단층 촬영(Fig. 10), 전산화단층 촬영의 삼차원영상에서 이식 관절골연골이 환측의 정상 비골두에 비하여 20% 가량 비후되고(Fig. 11) 이식수술시 약간의 불균형이 관찰되었던 근위 경골골단판선(proximal tibial epiphyseal plate line)도 균형을 되찾아가는 소견이 관찰되었다(Fig. 12).

### IV. 고 찰

전술한 두 가지 술식을 결과에 따라서 비교 분석한다면 동측 비골을 전위한 술식은 실패한 것으로 판정되며 반대측 비골을 미세혈관 수술을 이용하여



**Fig. 6.** Postoperative radiologic finding in contralateral free vascularized proximal fibular transplantation to the defective tibial medial condyle. Metaphysis and diaphysis of the both bone fixed with 3 K-wires, epiphyseal line of both bone are in same line, articular surface of the tibial condyle is still disrupted.



**Fig. 7.** Full active extension of the knee joint without any pain, no gross deformity is complained in free vascularized transplanted patient of medial tibial condyle defect in 12 months after transplantation.



**Fig. 8.** 135 degree pain free active knee flexion in same patient and same period of Fig. 7. Patient can run with no specific discomfort.



**Fig. 9.** Radiography of postop. 24 months in that patient of Fig. 6-8, progressive hypertrophied grafted fibular head which improve joint line alignment in knee joint. The epiphyseal plate line is still well aligned which can expect good result in growing child.

이식한 경우는 성공적인 결과를 보인 것으로 판정하여도 좋을 것으로 사료되는데, 2례 모두에서 수술시에 이식된 비골에서의 출혈을 확인하였기에 수술시

의 비골의 생존여부는 의심되지 않고 술 후 5-6개월 추시시에 골부분 (bone portion)인 비골 골간부 (diaphysis)의 유합은 정상적인 생비골이식술의 경

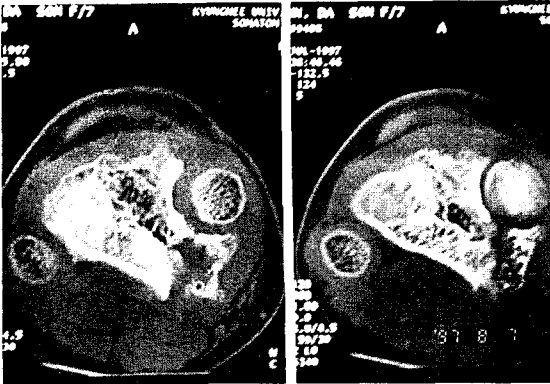


Fig. 10. Computed tomographic finding, shows hyper-trophied grafted fibular head compare with host fibula in lateral side.



Fig. 11. Crosssectional three dimension tomography show the grafted bone and cartilage fill the preoperative defect of the medial tibial condyle which reconstruct new articular surface of the knee joint.

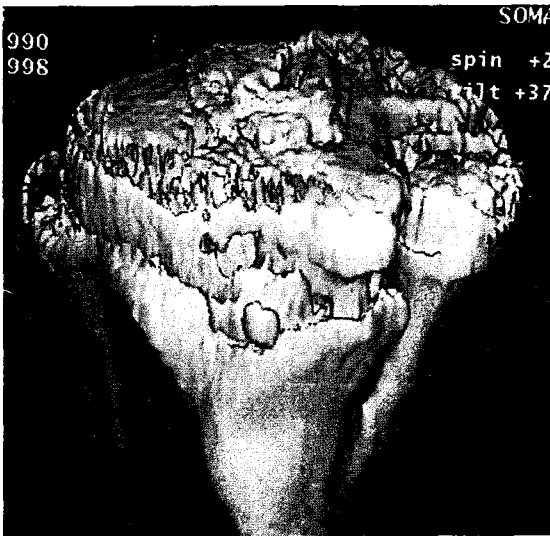
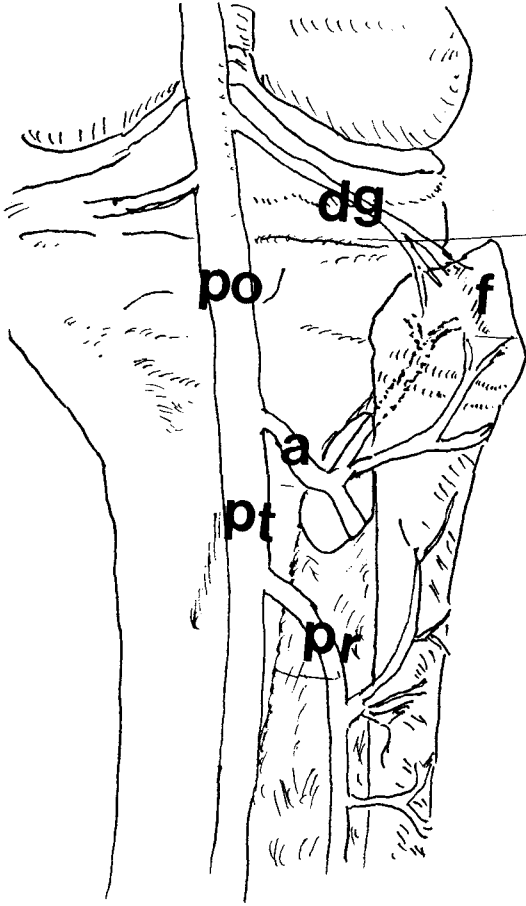


Fig. 12. Three dimension tomography shows images of the newly created proximal tibia with free vascularized contralateral fibular head transplantation which is one of the best solution in such cases.

과와 크게 다를 바 없었으므로 이는 이식 비골이 혈관경을 통한 혈행에 의존하여 잘 융합된 것이라 판정 가능하다. 비록 2례에 불과한 경험이고 수여부의 상태등이 균일한 조건이 아니었지만 수술시 수술직 후 혈행이 육안으로 확인 가능하였고 동측비골전위술의 경우 추가적인 미세혈관 문합술도 시행하지 않은 관계로 술후 문합혈관의 혈전형성, 혈관수축의 가능성은 혈관 문합을 시행하여 좋은 결과를 보인 예보

다는 훨씬 적을 것이므로<sup>5,9)</sup> 실패례와 성공례의 각 원인에 대하여 분석하여 보는 것은 의미있는 일이라고 생각된다. 상기례들에 있어 환자의 연령측면에 있어 모두 성장기 소아로서 서로 비슷한 조건이며 같은 원인도 교통사고로 인한 개방성골절이라는 동일성과 비록 경골 내측과와 외측과의 결손이라는 점이 다르나 결손 정도나 크기가 유사하므로 비교분석시에 동일한 조건으로 생각하여도 문제가 없을 것으로 생각된다<sup>9,10)</sup>. 가장 큰 차이점은 동측비골 전위(transposition)례에 있어 전위된 비골근위부에 영양공급하는 혈관으로 영양동맥을 포함하고 있는 비골동맥 전체를 유지한채로 전위하였고, 반대측 비골이식례에서는 비골동맥을 절찰하고 비골의 골단부(epiphysis)를 영양하는 중요한 혈관의 하나로 알려져 있는 anterior tibial recurrent artery를 포함한 전경골동맥을 혈관경으로 하였다라는 결정적인 차이가 있음을 지적할 수 있다. 이와같이 동맥의 선택이 결과에 결정적인 영향을 미칠 수 있는지에 대한 문헌고찰을 한<sup>6,9)</sup> 결과 비골의 골순환에 있어 가장 중요한 혈관은 영양동맥으로, 이는 비골동맥이 비골 중위부의 영양공을 통하여 골수강 내로 진입하여 골수내혈행(endosteal circulation)을 담당하며, 비골의 거의 전장을 따라 주행하는 주비골동맥(main peroneal artery)은 비골을 감싸고 있는 골막과 비골에 부착되는 근육의 골과 인접한 부분에 대하여 미세한 혈관분지를 무수히 분포하여 arcade artery를 형성하여 골막순환을 이루게 되어 비골의 골순환



**Fig. 13.** Detailed schematic drawing of the arterial system of the proximal fibula from rear side. (po : popliteal artery, dg : descending genicular artery, f : fibular head, a : anterior tibial artery, pt : posterior tibial artery, pr : peroneal artery)

(bone circulation)에 크게 기여한다고 한다<sup>1,2,7)</sup>. 그러나 영양동맥(nutrient artery)과 골막혈관(peroneal vessels)은 비골의 근위 골간단과 대부분의 골간부에 있어서는 중요한 역할을 하지만 근위 골단(proximal epiphysis)은 Anterior tibial artery, lateral inferior genicular artery, posterior recurrent peroneal artery, anterior recurrent peroneal artery에 의하여 혈액공급 받게 되는 복잡한 혈관분포를 갖고 있으며, 이 중에서 Anterior tibial artery의 분지인 anterior recurrent tibial artery가 비골근위골단에 가장 중요한 혈관이라고 정<sup>8)</sup>등은 발표한 바 있다(Fig.

13). 또한 성인에 있어서는 영양동맥의 상행분지가 근위 골간단뿐 아니라 골단까지도 혈액을 공급할 가능성을 생각할 수 있고 임상적으로도 비골동맥에만 의존한 비골근위전체를 이식하여도 만족할 만한 결과가 보고되고<sup>4,5)</sup> 있지만 소아의 경우 epiphyseal plate가 barrier로 작용하여 영양동맥이 골단으로 진행되는 것을 방해할 수 있다는 가설도 유력하다. 저자의 경우 동측비골을 경골 근위 관절면까지 전위하는 과정에서 비골동맥 혈관경은 잘 보존할 수 있었으나 3cm 이상 근위부로 이동하는 과정에서 전경골동맥의 분지인 recurrent anterior tibial artery가 손상을 받았을 것으로 추정되므로 추시 방사선검사 소견에서 보이는 골간부의 정상적인 유합 경과와는 달리 골단부의 점진적인 위축 및 괴사는 전경골동맥의 분지를 보존하지 못한 데서 온 결과가 아닌가 추측된다. 그러므로 비골 근위단을 경골 근위관절면의 부분 결손시에 혈관문합술을 통한 이식시에 전경골동맥이 비골 근위단의 혈액순환에 미치는 중요성을 인식하고 시행한다면 비골 근위골단을 이용한 슬관절 결손의 재건술은 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 사료되며, 특히 지속적인 골연골의 성장을 필요로 하고 변형의 진행이 지속될 수 있는 소아의 경우 매우 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다. 그러나 동측에서의 비골근위단 전위술은 수술도 중 골단에 중요한 혈관손상이 불가피하므로 비록 수술수가 간편하고 신속하지만 좋은 결과를 기대하기 어려울 것으로 사료된다. 다만 골성장이 종료되고 성장판이 폐쇄된 성장기 이후 환자에 있어서는 영양동맥을 통한 골수대순환이 이식된 골단을 생존케 할 수도 있을 것이므로 성인에 있어서는 동측 비골단의 근위부로의 이동술이 효과적이며 간편하고 신속한 술식으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

## V. 결 론

1. 성장기 환자에 있어 반대측 비골근위단을 전경골동맥을 이용한 혈관부착 골연골이식술은 경골근위부 부분결손에 의한 슬관절 기능 소실의 개선 및 지속적인 변형의 예방에 있어 매우 효과적인 술식으로 사용될 수 있을 것이다.
2. 성장판의 기능이 잠재하는 환자에게 동측 비골근위단의 단순 전위술을 이용하여 경골 근위관절면

으로의 단순한 이동술은 관절면 재건술로는 적합하지 않은 것으로 사료된다.

3. 근위 비골 골단의 혈액순환에는 전경골동맥의 회귀분지가 매우 중요한 역할을 하므로 비골근위단의 혈관부착 골연골이식시에 이식된 연골의 점진적인 위축과 성장판의 기능을 유지시키기 위하여는 전경골동맥의 회귀분지(anterior tibial recurrent artery)를 보존하는 것이 필요하다.

## REFERENCES

- 1) 유명철, 정덕환, 한정수, 신문호, 나기남 : 생비골 성장판 이식술을 이용한 소아 성장판 장애의 재건. 대한정형외과학회지, 23:1477-1484, 1988
- 2) 정덕환, 한정수, 유명철, 한수홍 : 전완 원위부 변형에 대한 혈관부착 성장판 이식술. 대한미세수술학회지, 4-1: 16-22, 1995
- 3) 정덕환 : 혈관부착 근위비골성장판 이식시 공여부 수술의 새로운 술식, 대한미세수술학회지, 5-1, 1996
- 4) Berggren A, Weiland AJ, Ostrup LT, Dorfman H : *Microvascular free bone transfer with revascularization of the medullary and periosteal circulation and of the periosteal circulation alone : a comparative experimental study*, *J Bone Joint Surg* 64-A:73, 1982
- 5) Campbell WC : *Transference of the fibula as an adjunct free bone graft in tibial deficiency*, *J Bone Joint Surg* 7:625, 1919
- 6) Davis TRC, Wood MB : *Bone blood flow*, in Wood MB and Gilbert A(ed) : *Microvascular Bone Reconstruction*. St. Louis, Mosby, 1997, pp 13-17.
- 7) Retrepo J, Katz D, Gilbert A : *Arterial vascularization of the proximal epiphysis and the diaphysis of the fibula*, *Int J Microsurg* 2:48, 1980.
- 8) Teot L : *Epiphyseal plate : anatomy and growth*, in Wood MB and Gilbert A(ed) : *Microvascular Bone Reconstruction*. St. Louis, Mosby, 1997, pp.7-11.
- 9) Weiland AJ : *Current concept review. Vascularized free bone transplant*. *J Bone Joint Surg*, 63:166-169, 1981
- 10) Wood MB, Cooney WP III, Irons GB : *Posttraumatic lower extremity reconstruction by vascularized bone graft transfer*, *Orthopedics* 7:255, 1984
- 11) Yoshimura M., Shimamura K., Yoshinibu I., Yamau-chi S. and Ueno, T. : *Free vascularized fibular transplant*. *J. Bone Joint Surg*. 65A:1295, 1983.