

중축 절골편을 이용한 생비골 부분이식술

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

정 덕 환 · 한 정 수

— Abstract —

Longitudinal Splitting Free Vascularized Fibular Transplantation

Duke Whan Chung, M.D., Chung Soo Han, M.D.

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

Free vascularized fibular transplantation is one of the most useful living bone reconstructive procedure in microsurgical field. Concerning about donor site morbidity, the donor has minor problems of ankle stability and muscle power weakness and transient peroneal nerve symptoms. That problems can be minimized with longitudinal splitted osteotomy on the donor fibula if the bone defect in recipient site is not so large. Half splitted fibula with peroneal arterial pedicle which contains nutrient artery and periosteal vessels, grafted bone can survive with those vascular supplies. Authors underwent five cases of half splitted free vascularized fibular transplantation from 1985. There were no evidence of devascularization in all cases, we can minimized donor morbidity with leaving half fibula intact on donor site. The problem of that technique is technically demanding in longitudinal splitting of bone without damage to peroneal nutrient vessels and periosteal soft tissues which attached to the bone. Authors can propose longitudinal half fibular transplantation is one of modification in free vascularized bone transplantation that minimize donor defect.

Key Words : Half splitting, Free vascularized bone transplantation, Donor morbidity

I. 서 론

혈관부착 생비골 이식술은 광범위한 골결손, 가관 절증, 종양제거술후 결손의 재건 및 대퇴골두 무혈성 괴사의 치료 등에 다양하게 이용되고 있는 미세 수술영역에서 가장 광범위하게 이용되고 있는 대포

적인 골공여부이다. 혈관해부학적으로 비골동맥을 기저혈관으로하는 비골의 영양혈관(nutrient artery)에 의하여 주된 혈액순환을 받을 뿐 아니라 비골의 거의 전장을 따라 주행하는 비골동맥이 비골을 환상으로 감싸며 비골의 골막 및 주변의 연부 조직에 혈액을 공급하는 환상 분지에 의하여 보장되는 것으로 알려져 있으며, 이와 같은 환상분지만으로도

이식된 비골이 생존 가능한 것으로 알려져 있다¹⁾. 해부학적으로 비골은 경골과 함께 하지의 체중부하 시 힘을 발목관절 및 족부로 전달하는 기능뿐 아니라 10종의 하지근육의 기시점 또는 insertion의 역할을 하며, 특히 발목관절의 외측과(lateral malleolus)를 통하여 체중을 전달하고 발목관절의 안정성에 기여하는 골로서 하지 체중부하의 1/5을 담당한다고 한다. 따라서 생비골이식시 비골간부의 전체 직경을 모두 채취하면 하퇴의 체중 부하 기능의 1/5을 희생하게 되며 비골간부에 부착되어 있던 근육기능의 약화가 초래될 수 있으나, 그 정도가 심하지 않으므로 공여부의 이환 정도에 대하여는 무시되고 있는 실정이다. 그러나 수여부에서 필요로 하는 이식골의 양이나 강도가 비골 전체의 직경을 필요로 하지 않을 만큼 크지 않을 경우라면 굳이 비골의 전 직경(diameter)을 희생시키지 않으면서도 이식비골의 혈행이 가능하다면 비골의 전체두께(whole diameter)의 채취로 인하여 야기될 수 있는 체중부

하의 약화나 비골에 부착하는 근육의 근력 약화를 피할 수 있는 방법이 될 수 있다면 공여부이환(donor morbidity) 정도를 감소시킬 수 있을 것으로 생각되어 저자는 1985년부터 비골의 일부만을 골막 혈행에 주로 의존하여 미세수술수기로 이식하는 방법을 착안하여 수술하고 얻은 경험을 수술방법과 함께 문헌 고찰하여 유용성을 제시하는 바이다.

II. 연구대상 및 방법

1985년부터 1997년까지 본 교실에서 시행한 중측 절골편을 이용한 생비골 부분이식술 5례를 대상으로 하였다. 2례의 경골 부분 결손으로 인한 불유합에 대하여 동측의 비골을 이식하였고(Fig. 1), 3례의 대퇴골두 무혈성괴사 환자에 대하여는 반대측 비골을 비골동맥의 비골의 골막혈관만을 보존한 채로 비골을 종축으로 반으로 절골하여 공여하여 혈관부착 생비골을 채취하여 대퇴골두 무혈성괴사부위를 제거한 후 삽입하고 심부 대퇴동맥의 제2천공분지(second perforating branch)와 미세혈관 문합술을 시행하고 각례에 대하여 이식 비골의 생존성 여부에 대한 원격추시 및 공여부인 하퇴부의 이환성 정도에 대하여 추시하였다. 이식된 반쪽의 비골의 생존성에 대하여는 정기적인 방사선검사로 확인하였으며 공여부는 환자의 주관적인 불편감 호소 정도 및 보행시 파행여부, 비골신경 증상의 발현 여부와 족지, 특히 제1족지의 신전력 감퇴여부에 대한 이학적 검사와 술 후 6개월에 촬영한 단순 방사선 검사로 잔존하는 나머지 반쪽 비골의 방사선학적 비후가 이루어지는가를 검사하였다.

III. 결 과

본 술식을 시행시에 비골의 골수내순환(endosteal circulation)을 현저히 약화시킬 것으로 예상되지만 nutrient artery의 골수내 분지들의 순환을 포기하기로 하고 비골의 후외방을 따라 주행하는 비골동맥과 이의 동반정맥을 비골에서 분리하지 않고 비골의 후외방 반쪽을 골막을 잘 유지하고(Fig. 2) 혈관경을 부착한 채로(Fig. 3) 종축으로 조심스럽게 절골하여(Fig. 4) 혈관경만을 부착시킨채로 완전히 유리하여(Fig. 5) 공여하려는 반쪽 비골의 가장 원위부

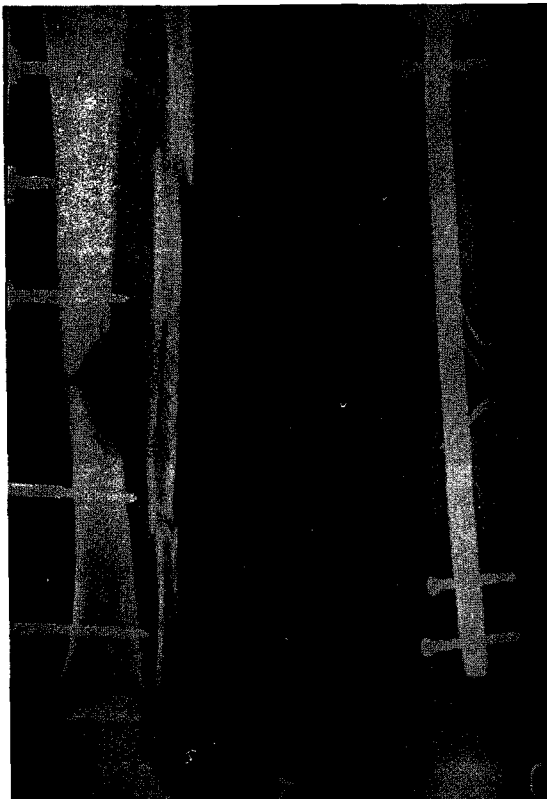


Fig. 1. Defective nonunion of the tibia diaphysis treated by ipsilateral half splitted fibula transfer and intramedullary interlocking nailing.



Fig. 2. Harvesting free vascularized fibular with longitudinal splitting by fine power saw.

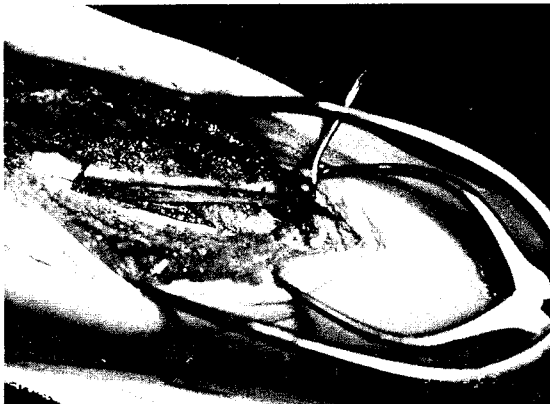


Fig. 3. Elevating the half splitted fibula with intact periosteum.

의 골 절단면에서 출혈이 있는가를 확인한 결과 5례 전례에서 비골 원위단에서의 출혈이 확인되었다. 수여부에 이식된 후에도 비골의 골막 또는 절골단에서의 출혈도 전례에서 확인되었고 이식골에 대한 장기간의 방사선학적 추사에서 이식골의 점진적 흡수 소견은 관찰되지 않았고 오히려 약간의 비후를 보여, 모든 이식골이 수여부에서 잘 생존한 것으로 추정할 수 있었으며, 특히 대퇴골두 무혈성괴사에 시행한 3례에서는 대퇴골두 무혈성괴사가 더 이상 진행되지 않았고 점차 무혈성괴사의 병소가 치유되어 가는 양상을 보였다(Fig. 6). 공여부의 이환성은 1례에서 일시적인 비골신경약화 소견이 3주일간 지속 후에 완전 회복되었으며, 술 후 6개월에 시행한 보행검사상 공여부로부터 인한 파행을 보인례는 없었으나 수여부의 기존병변으로 인한 동통성 파행을 보이는 경우가

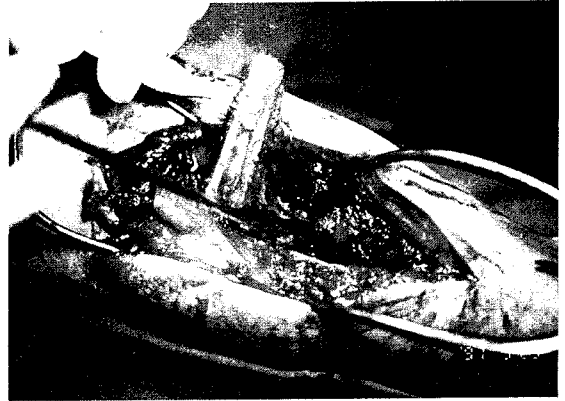


Fig. 4. Isolated splitted fibular with nutrient arterial pedicle from peroneal artery and intact half periosteum. Cut end of the bone reveals bleeding from the bone in ready for harvesting condition.



Fig. 5. Harvested half fibula with peroneal arterial pedicle which contains endosteal nutrient artery and periosteal vasculatures are intact.

3례 있었다. 공여부에 대한 불편감을 호소하는 경우는 2례에서 있었으나 경미한 정도로 판정 가능하였다. 이는 저자들이 시행한 다수의 일반적인 생비골 이식술례들과 비교시에 주관적증상의 차이는 없는 것으로 사료되었다. 족지 신전력의 감퇴는 전례에서 일시적으로 호소하였으나 술 후 6개월에서는 1례에서만 지속적인 경도의 족무지 신전력 감퇴를 호소할 뿐 4례에서는 문제되지 않았다. 족관절의 운동력에 지장을 초래한 예는 없었고 비골을 공여함으로 하여 족관절 주변이나 하퇴부의 근력 약화를 호소하는 경우도 있었으나 주관적인 것으로 확인 불가하였으나 근전도 검사 등을 시행하여 확인할 필요가 있는 정도는 아니고 수술반흔에 의한 불편감이 주된 원인이 아

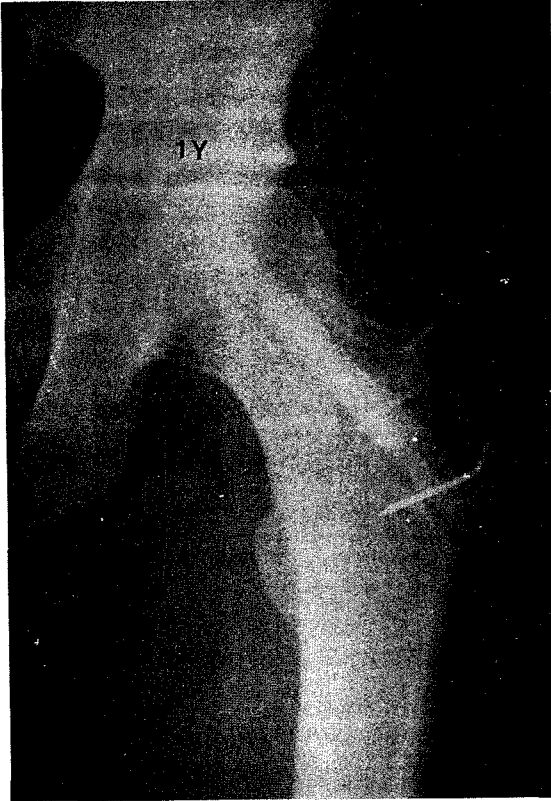


Fig. 6. One year follow-up radiographic finding shows living grafted half splitting fibula which contributed in protection of the femoral head collapse in avascular necrosis of the femoral head patient.

난가 추측되었다. 공여 하퇴부에 대한 추시 방사선학적 검사상에는 반쪽 비골이 잘 유지되고 있는 소견은 보이고 있으나 반쪽만 남은 비골이 비후되어 이식부의 단면적(cross sectional width)이 증가하는 것 같지는 않았다(Fig. 7). 그러나 비골전체(whole diameter)를 이식한 경우에 간혹 관찰될 수 있는 비골 원위단의 근위 방향으로의 전위(proximal migration)는 관찰되지 않았다.

IV. 고 찰

현재 미세수술영역에서 생골이식술의 공여부로 가장 널리 이용되고 있는 비골은 1975년 Taylor³⁾, 1976년 Gilbert⁴⁾등이 소개한 이래 미세채전수술영역에 일반화된 술식으로 자리잡게 되었다. 비골은 그 단면이 삼각형에 가까운 매우 단단한 피질골로서

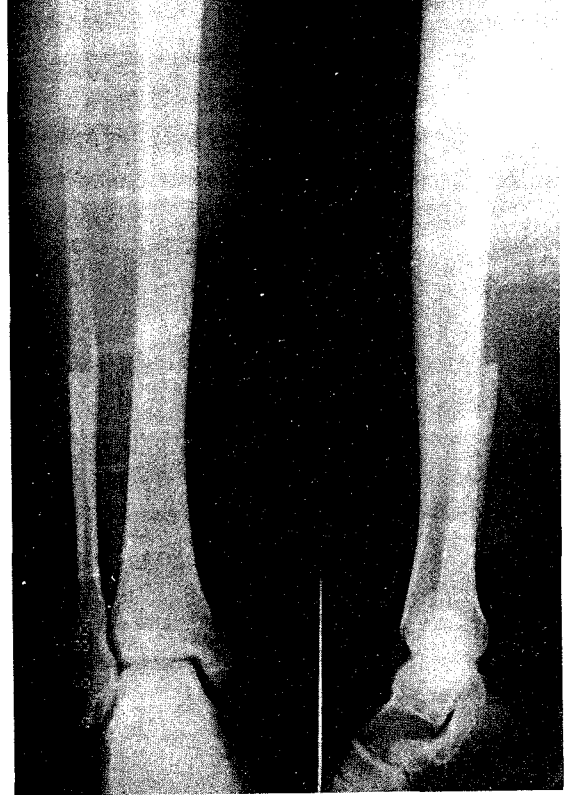


Fig. 7. Radiography of donor leg with the half fibular transplantation, remained another half of the fibular diaphysis kept intact which contribute ankle joint stability and preserve muscle attachments on fibula.

성인의 경우 25cm 전후의 길이까지 골간부 이식골을 얻을 수 있으며 혈관경은 비골동맥의 거의 전장이 비골을 따라 골과 인접하여 주행하므로 혈관 해부학적인 변이가 드문 편으로 공여부의 수술 도달방식은 처음 Taylor³⁾가 제시하였던 후방 도달법 보다는 Gilbert⁴⁾의 측방 도달법이 더 널리 사용되고 있으나 수여부의 위치에 따라 도달법을 선택할 수 있는데 저자들은 동측 경골 결손부 재건시에는 측방도달법을 선호하였고 대퇴골두 무혈성 괴사의 치료를 위한 수술시에는 환자를 복외위로 위치시켜 후방도달법을 이용하였다. 본 논문에 소개하고자 하는 비골 부분 이식술의 이론적 배경은 Davis등이 잘 설명하고 있는데 그의 문헌³⁾에 기술하기를 1970년 DeBruyn등에 의하면 장골(long bone)의 혈액순환은 골수내(marrow)순환 및 피질부(cortical)순환이 서로 연결되어 portal system 형식으로 골수내로 통과한

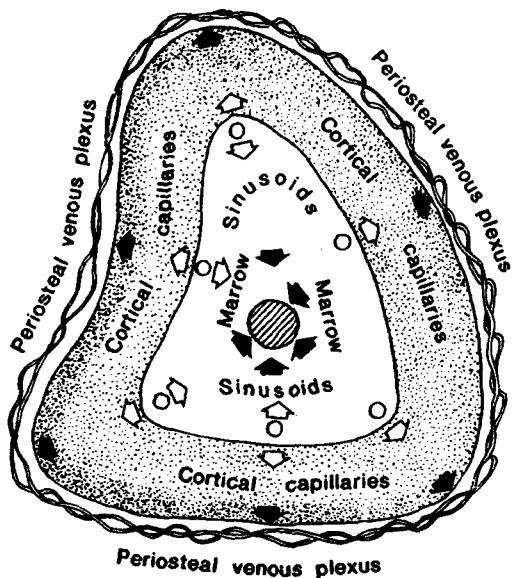


Fig. 8. Diagram of blood flow within a cross-section of a long bone. The cortical circulation flows from the endosteal to the periosteal cortices while the marrow circulation passes centripetally from the periphery of the marrow cavity to the central venous sinus.

동맥이 medullary sinusoid를 형성한 후 cortical capillary로 perfusion된다고 하였다(Fig. 8).

더욱 잘 설명되는 개념으로는 1980년 Lopez와 Curto에 의한 것으로, 정상적인 골 순환은 nutrient, metaphyseal artery의 intramedullary branch들과 epiphyseal system에 의한다고 하였다. 장골의 동맥순환(arterial circulation)에 대하여 언급하면, 모든 장골은 nutrient, periosteal, metaphyseal, epiphyseal artery를 갖고 있는 것으로 알려져 있으나 아직까지도 이 4가지 동맥의 상대적인 중요도에 대하여는 완전히 알려져 있지 않은 상태이다^{1,3,6}. 비골의 경우 비골동맥의 영양동맥이 가장 중요한 동맥이며 대부분의 장골은 한개의 영양동맥을 갖고 있으나 예외적으로 대퇴골은 두개의 영양동맥을 갖고 있는 것으로 되어 있다. 영양동맥은 diaphyseal cortex에서 oblique nutrient foramen을 통하여 medullary canal로 들어가게 되며 대부분의 경우에서 각 골의 영양공의 위치는 일정하다⁹. 비골의 경우 Mysorekar에 의하면 96%에서 middle third에서, 89%가 medial crest 부분쪽에

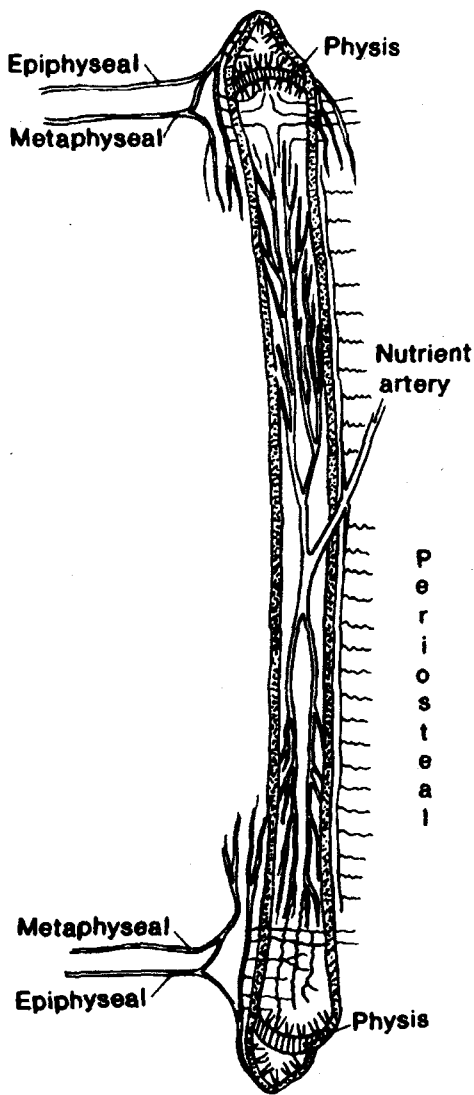


Fig. 9. Schematic illustrating the arterial circulation within a long bone. The nutrient artery runs proximally and distally in longitudinal fashion after dividing on near nutrient foramen. Periosteal circulation on outside of the cortex contribute the cortical circulation.

서 영양공이 형성되어 있다고 하였고 영양공의 주행 방향은 95%에서 골막에서부터 골수내로 oblique distal direction으로 주행한다고 하였다³. 영양공으로 영양동맥이 들어가기 직전에 비골의 골막과 인접부 근육으로 작은 분지를 내는데, 이는 영양공(nutrient foramen) 안으로 들어간 후에는 거의

분지하지 않는 것으로 알려져 있다. 일단 골수내로 들어간 영양동맥은 상행(ascending)분지와 하행(descending)분지로 갈라져서 종축으로(longitudinal direction) 주행하면서 더 작은 분지들로 계속하여 세분화되어 골간단(metaphysis)을 향하여 각기 주행한다. 영양동맥의 분지들은 골내막(endosteal) 피질에 아주 인접되어 주행하는 경향을 보이고 있다(Fig. 9). Small artery의 plexus인 circulosus articuli vasculosus(Hunter 1743)는 골간단(metaphysis)의 골막 표면(periosteal surface)을 감싸고 있다. 이 혈관총(plexus)은 major limb vessel의 동맥 분지들과 수많은 작은 골막혈관에 의하여 혈액 공급을 받고 있으며 이 골막혈관들은 골간단의 골피질(cortex)에 있는 수많은 작은 foramen을 통하여 들어오게 된다. 골수강내의 골간단동맥(metaphyseal artery)은 골간단의 중심부를 향하여 주행하여 골간단과 골수강내의 내용물에 혈액을 공급하게 된다. 본 술식과 깊은 관련이 있을 것으로 생각되는 small periosteal artery는 장골을 둘러싸고 있는 골막 및 근육에 혈액을 공급하면서 장골(long bone)의 장축을 따라 계속 주행하면서 밑에 있는 골조직에 혈액을 공급하게 되는 것으로 추측된다. 예를들면 경골의 경우 skeletal muscle에 덮여있는 anterolateral cortex는 subcutaneous한 anterolateral cortex보다 더욱 vascular한 것으로 알려져 있다. 아주 작은 골막혈관은 골막에 덮여있는 골피질의 아주 미세한 구멍을 통하여 침투되어 들어가지만 골피질의 전 두께(whole thickness)를 통과하지는 않는 것으로 알려져 있다. 따라서 정상적인 상태에서는 골막혈관은 장골에서 골자체의 혈액순환에 있어서 중요한 역할을 하지는 않는 것으로 생각된다고 하였다(Brookes 1971). 그러나 골막혈관이 골피질의 적어도 1/3은 supply한다고 ablation study를 통하여 밝힌 바 있다(Johnson 1927). 또한 chronic ablation study를 통하여 밝혀진 바로는 metaphyseal, nutrient, periosteal artery간에 large anastomosis가 형성된다고 하였다(Brookes 1986)³⁾. 그렇다면 저자들의 술식인 비골의 횡절단면의 반쪽(half of cross sectional diameter)을 비골동맥을 포함하여 골막 및 이를 둘러싸고 있는 근육의 sleeve를 포함하여 종축으로 반을 절단할 경우에는 골막혈관

이 적어도 골피질의 1/3을 영양 공급하고, 이는 장기간이 경과하면서 이식골 전체로 혈액순환을 넓혀갈 것이고 영양동맥이 영양공을 통하여 골수내로 들어가는 부위를 포함한 부위로부터 골내피질(endosteum)에 아주 근접하여 영양혈관의 근위와 원위지가 주행하므로 공여골을 수확(harvest)시에 골수강의 손상을 극소화 한다면 골수내순환도 손상하지 않을 수 있다는 가설에 도달하게 되며, 비록 영양동맥이 완전히 손상되었다고 하여도 골수강내에서 형성되어 있는 sinusoid형태의 미세순환(marrow microcirculation)에 의하여도 (DeBruyn et al 1970, Lopez-Curto et al 1980) 이식골의 혈액순환은 많이 보강될 것으로 기대할 수 있다. 그러므로 저자는 혈관부착 생비골이식시에 수여부의 골결손이 비골의 전체 직경을 필요로하지 않을만큼 작을 경우에는 공여부의 결손을 극소화하고 공여 후에 남겨진 결손부가 상당부분 재생될 수 있는 가능성을 기대할 수 있을 것이다. 또한 공여하여야하는 비골이 길이가 매우 긴 경우에는 족관절의 외측과(lateral malleolus)에 까지도 영향을 주어서 족관절 자체의 안정성을 약화시키거나, 특히 소아의 경우에는 비골의 절골부 원위단이 근위부로 이동(proximal migration)하는 경향이 예상되므로 이를 방지하기 위하여 Langenskjold procedure가 필요한 경우도 있었으나⁷⁾ 본 술식과 같이 비골의 골조직 반쪽을 그대로 보존한다면 족관절의 안정성에도 기여하고 원위절골단의 근위부로의 이동(proximal migration)을 충분히 방지할 수 있다는 장점이 있다. 단점으로는 공여 비골을 수확시에 더욱 세심한 주의가 필요하고 비골동맥 및 동반정맥이 주행하는 경로를 잘 보존하여 비골을 감싸고 있는 골막 및 근육의 sleeve를 잘 보호하면서 비골을 종축으로 정확하게 혈관 및 주변의 연부조직 손상을 피하여 절골하여 분리하는 고난도 수술수기가 필요하는 점이 지적될 수 있겠고 이식비골의 강도가 상대적으로 약하므로 수여부의 골결손이 크거나 이식골의 강도가 중요시되는 적용례에서는 부적합할 것이다. 그러나 대퇴골 두 무혈성괴사의 치료시나 동측 또는 반대측 경골의 부분적인 결손이나 불유합시에 이용이 가능할 것이며 전완부와 같이 골의 크기가 작거나 골의 강도가 크게 요구되지 않는 부위의 광범위한 골결손시에도 적용될 수 있을 것으로 사료된다. 저자들이 시행한

5례는 경골의 부분결손과²⁾ 대퇴골두 무혈성괴사에 시행한 생비골이식술의 응용방법의 하나로 제한적인 경험을 하였으나 전례에서 이식골의 생존이 확인되었고 공여부의 이환정도는 전형적인 생비골 이식술 시보다 상대적으로 낮은 경향을 보였고 장기추시시에도 별다른 합병증의 발현을 보이지 않았다. 이상의 증례에서 얻은 경험과 문헌 고찰을 통한 정보를 종합하여 볼때 본 술식은 성인에서도 유용하지만 성장기 소아에서 생비골이식술이 필요한 경우에 적응증을 잘 선별한다면 비골 공여부에서 발생할 수 있는 합병증을 많이 줄일 수 있을 것으로 사료되며 Langenskjold 술식을 하지 않아도 공여부의 비골 절골 단의 근위이동(proximal migration)이나 족관절의 안정성 유지에도 문제가 없을 것으로 생각된다.

V. 결 론

1. 저자들은 혈관부착 생비골이식술의 공여부 술식의 응용방법의 하나로 비골의 종절골편을 이용한 부분 생비골이식 방법을 제안한다.
2. 5례의 증례에서 이식 비골은 모두 생존하였으며 공여부의 이환정도는 전형적인 비골이식술에 비하여 상대적으로 적다.
3. 술식의 난이성의 극복과 적응례의 선택을 잘한다면 공여부 이환정도를 많이 감소시킬 수 있는 술식이라고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Berggren A, Weiland AJ, Ostrup LT, Dorfmiton of 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*
- 2) Campbell WC : *Transferrance of the fibula as an adjunct free bone graft in tibial deficiency, J Bone Joint Surg 7:625, 1919*
- 3) Davis TRC, Wood MB : *Bone blood flow, in Wood MB and Gilbert A(ed) : Microvascular Bone Reconstruction. St. Louis, Mosby, 1997, PP 13-17.*
- 4) Taylor GI, Miller GDH, Ham FJ : *The free vascularized bone graft : a clinical extension of microvascular techniques, Plast Reconstr Surg 55:533,1975.*
- 5) Teot L : *Epiphyseal plate : anatomy and growth, in Wood MB and Gilbert A(ed) : Microvascular Bone Reconstruction.St. Louis, Mosby, 1997, pp.7-11.*
- 6) Trias A, Fery A : *Cortical circulation of long bones, J Bone Surg 61-A:1052,1979.*
- 7) Weiland AJ : *Current concepts review: vascularized free bone transplants, J Bone Joint Surg 63-A:166,1981.*