

## 유리 피관술과 동측 혈관 부착 비골 전위술을 이용한 경골 결손의 재건

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

황정철 · 정덕환 · 한정수 · 이재훈 · 고택수 · 박양우 · 박진성

— Abstract —

### Reconstruction of Tibia Defect with Free Flap Followed by Ipsilateral Vascularized Fibular Transposition

Jung Chul Hwang, M.D., Duke Whan Chung, M.D., Chung Soo Han, M.D.,  
Jae Hoon Lee, M.D., Taeg Su Ko, M.D., Yang Woo Park, M.D., Jin Sung Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Segmental defects of the tibia after open fractures, sepsis and a tumor surgery are among the most difficult and challenging clinical problems. Tibia defects in these situations are complicated with infection and are resistant to conventional bone grafting techniques. The aim of this study is to report the results and discuss the role of free flap followed by ipsilateral vascularized fibular transposition (IVFT) for reconstruction of tibia defects. Ten patients had free flap followed by IVFT in the period 1989~2007. Mean age was 25.3 years. The patients were followed for an average of 3.4 years. All flaps were survived including 1 case with venous thrombosis requiring additional surgery. The average time to union of proximal and distal end was 5.2 months, 8.2 months, each other. All transposed fibula were viable at last follow-up. IVFT offers the advantages of a vascularized graft. In patients with large bone and soft tissue defects combined with infection, free flap followed by IVFT is an useful and reliable method without microvascular anastomosis.

**Key Words:** Tibia defect, Free flap, Ipsilateral vascularized fibular transposition

### I. 서 론

경골의 개방성 골절에서 심한 연부 조직의 손상과 동반된 골 결손의 치료는 매우 어렵다. 이를 치료하기 위한

수술 방법으로는 단순 자가골 이식술, Papineau 골 이식술, 유리 혈관 비골 이식술, 동측 비골 전위술, 가골 신연술 등이 있다. 경골의 골 결손이 있는 경우 비교적 골 결손이 크지 않고, 주변의 연부 조직의 상태가 양호하

※통신저자: 정 덕 환  
서울특별시 동대문구 회기동 1  
경희대학교 의과대학 정형외과학교실  
Tel: 02-958-8368, Fax: 02-964-3865, E-mail: dukech@khmc.or.kr

고 감염이 동반되지 않았다면, 단순 자가골 이식술로서 치료가 가능하지만, 비교적 골 결손부가 크거나 연부 조직의 상태가 양호하지 못한 경우에는 적용에 제한이 있다. Papineau 골 이식술은 치료 기간의 연장과 치료 기간 동안 불유합, 감염 등의 합병증이 생길 수 있는 위험이 있으며, 비교적 큰 골 결손에서는 적용하기 어려운 단점이 있다.

골 결손이 비교적 클 경우 가골 신연술은 유용한 방법으로 알려져 있으나, 점진적인 골 연장을 위하여 외고정 기기를 장기간 착용하고 있어야 하며, 주변의 연부 조직도 연장되므로 이에 따른 부작용이나 연부 조직의 상태가 불량할 경우에는 적용하기에 제한이 있다.<sup>1,2</sup> 유리 혈관 비골 이식술은 이식골의 모양이 직선형으로 생겼으며, 충분한 골 길이를 제공하고 생물학적 속성을 가진 골을 제공해 준다는 장점을 갖고 있으나, 채취한 비골의 혈관과 수혜부의 혈관을 연결하기 위해서 미세 혈관 문합술의 수술적 수기가 요구되며, 미세 혈관 문합술 후에도 혈류 장애로 인한 이식 실패 및 공여부의 이환을 비롯한 합병증의 위험이 있다.

한편, 동측 혈관 부착 비골 전위술은 손상된 하지의 비골을 경골의 결손 부위로 전위시켜 경골을 재건하는 방법으로 유리 혈관 비골 이식술에 비해 혈류의 보존이 가능하고 비교적 간편하며, 술 후 합병증 및 공여부의 위험이 적은 술식이다. 하지만 이러한 술식을 적용하기 위해서는 손상된 하지의 연부 조직이 충분히 보존되어 있어야 한다. 이에 저자들은 광범위한 연부 조직과 골 결손이 동반된 경골의 개방성 골절의 치료를 위해서 유리 피판술을 이용하여 연부 조직의 재건 후 동측의 혈관 부착 비골 전위술을 이용하여 경골 결손 재건술을 시행하였으며, 이의 임상적 유용성을 보고하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

1989년 7월부터 2007년 10월까지 유리 피판술을 시행 받은 후 동측의 혈관 부착 비골 전위술을 시행한 10례를 대상으로 하였으며, 8례는 남자, 2례는 여자였다. 환자들의 평균 연령은 25.3세(16~43)였으며, 평균 추시 기간은 3.4년이었다. 연부 조직과 경골 결손의 원인은 모든례에서 외상이었으며, 교통 사고 6례, 산업 재해 2례, 스포츠 손상이 2례였다. 수술 전 검사로는 모든 증례에서 단순 방사선 검사와 하지 동맥 조영술을 시행하였다. 초기 손상 후 이차적으로 연부 조직의 감염 또는 골수염이 동반되었던 7례에서는 일차적으로 부골의 제거 및 변연 절제술을 시행하였으며, 감염이 조절된 후 피부와 연부

조직 결손을 해결하기 위해 유리 피판술을 시행하였으며, 피판이 안정된 후에 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다. 감염의 소견이 없었던 3례에서는 변연 절제술 없이 유리 피판술 이후에 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다. 연부 조직의 수복을 위해 사용된 유리 피판으로는 견갑 피판(scapular flap) 3례, 광배근 피판(latis-simus dorsi flap) 5례, 족배 동맥 피판(dorsalis pedis artery flap) 1례, 전외측 대퇴부 피판(anterolateral thigh flap) 1례를 사용하였으며, 피판의 선택은 환자의 나이, 창상의 감염 여부, 결손의 크기 및 동반 손상 여부에 따라 결정하였다. 비골 전위술은 유리 피판을 시행하고 최소 2개월이 지나 감염 소견이 없는 경우에 시행하였다. 수술적 도달법은 비골 전장의 전외측으로 절개를 가하여, 장 족지 신근, 장 족무지 신근을 전내측으로 견인하여 비골의 전내측 부위와 경골의 결손 부위를 노출시키고, 결손을 보인 경골 부위는 감염성 조직이나 반흔으로 인한 섬유 조직 등을 충분히 제거하였다. 비골의 외측 비골근을 박리하고, 비골의 후내측 박리 시에는 0.5~1 cm 두께의 근육층을 남겨두고 박리함으로써 비골 동맥에서 분지되는 골막 동맥을 보존하였다. 이후 비골은 경골의 결손 크기에 맞게 근위와 원위 부위를 절골하였다. 첫 손상 시에 비골의 골절이 동반되었던 경우에는 비골 골절 부위의 반대쪽에 해당하는 원위 또는 근위 부위만을 절골하였다. 절골술을 시행 후 지혈대를 풀어 비골을 감싸고 있는 근육 조직과 절골된 비골의 양 끝단에서 활발한 출혈을 확인하였다. 비골의 전위 시에는 혈관경이 꼬이거나 신연되지 않도록 주의하여 경골 결손 부위로 전위시켰다. 골 결손이 커서 고정이 어려운 경우에는 연성 골수강 내 금속정(flexible intramedullary nail)을 이용하여 경골과 전위된 비골의 골수강 내에 삽입하여 일차적인 고정을 시행한 후에 전위된 비골의 근위부와 원위부에 금속판이나, 외고정 장치를 이용하여 견고한 고정을 시행하였으며, 골막의 손상을 피하기 위해 비골의 고정은 피하거나, 최소화하였다. 숙주-이식골 경계부에 추가적인 골 이식은 시행하지 않았다. 수술 후 8~12주 동안 장하지 석고 붕대 고정을 시행하였고, 이후 장 하지 보조기를 3개월간 유지하며, 체중 부하 없이 목발 보행을 허용하였으며, 6개월 이후에는 보조기로 보호하면서, 점진적으로 체중 부하를 허용하였다. 골 유합의 평가는 임상적으로 통증 및 부종이 없으며, 정기적인 단순 방사선 검사를 통해 가골 형성을 관찰하여 시행하였다. 평가 항목으로 유리 피판의 생존율과 이식된 비골의 골 유합까지 걸린 시간, 비골의 비후 및 비골의 피로 골절 여부를 조사하였다.

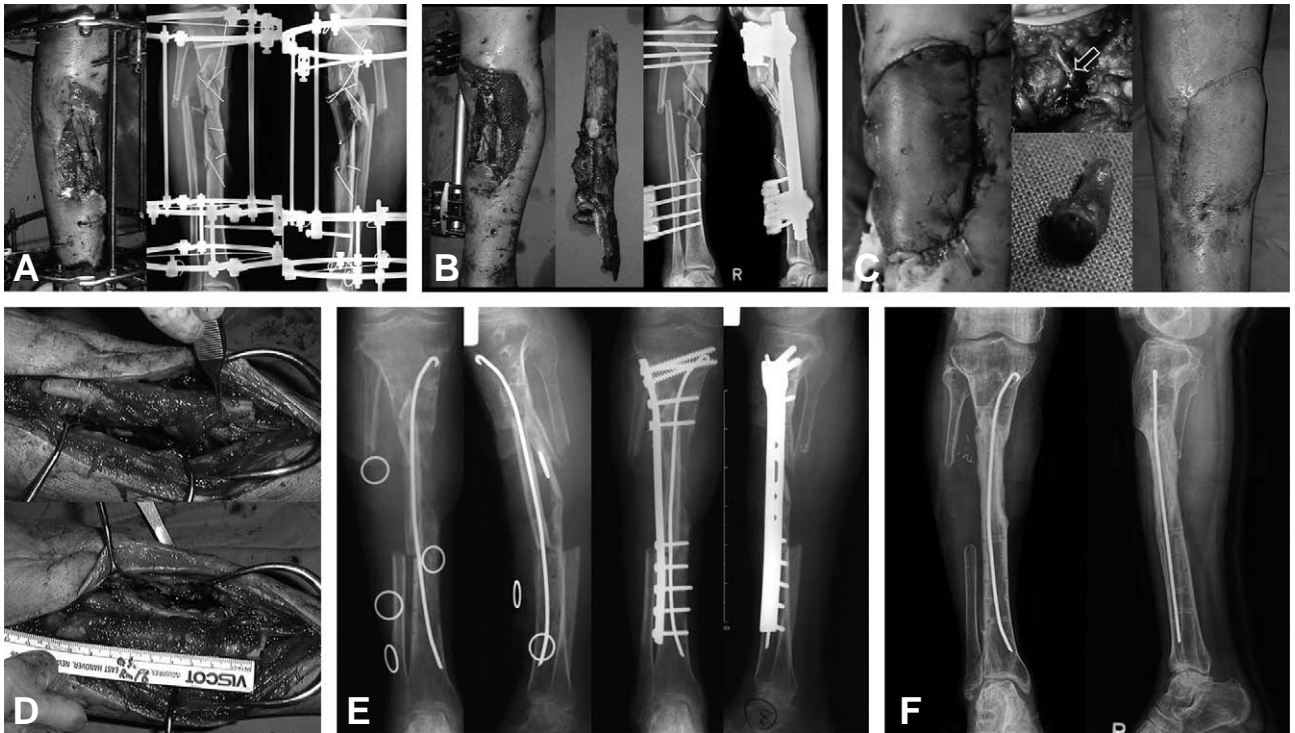
Ⅲ. 결 과

모든 레에서 유리 피판술은 성공적인 결과를 보였지만, 유리 견갑 피판술을 시행했던 1레에서 정맥 혈전이 발생하여 이차적인 수술을 시행하였다. 피판술 후 평균 4.3개월 후에 비골 전위술을 시행하였고, 평균 3.4년 추시 시에 전위된 비골은 골 비후를 보이며 모두 생존하였다. 골 유합까지 걸린 기간은 근위 숙주-이식 골 경계 부위에서는 평균 5.2개월, 원위 숙주-이식 골 경계 부위에서는 평균 8.2개월이었다. 감염이 동반되었던 7레에서는 유리 피판술과 비골 전위술 후에 감염이 재발되었던 경우가 1레에서 있었으나, 지속적인 상처 소독과 항생제 투여로서 추가적인 수술 없이 골 유합을 얻을 수 있었다. 1레에서는 재건된 경골의 15도의 내측 각변형이 관찰되었으나 일상 생활에서의 큰 문제는 없었다. 전위된 비골의 피로 골절은 전 레에서 관찰되지 않았다.

Ⅳ. 증 례

증례 1.

37세 남자로 교통 사고 후 우측 경골의 개방성 골절이 발생하여 타병원에서 2차례 수술적인 치료를 시행 받았으나, 연부조직 피사로 인하여 5×10 cm의 피부 및 연부 조직 결손과 골수염으로 본원으로 전원된 환자이다(Fig. 1A). 일차적으로 노출된 피사 조직과 골 일부를 제거하고 변연 절제술을 시행하였으며, Ilizarov 외고정기를 제거 후 monofixator 외고정기로 고정하였다(Fig. 1B). Monofixator 외고정술 후 17일째 15×7 cm 크기의 유리 견갑 피판을 시행하여 골 노출 부위를 피복하였다. 수술 후 이틀째 피판의 울혈이 심해져, 다시 피판을 탐색하였다(Fig. 1C). 견갑 회선 동맥(circumflex scapular artery)과 후 경골 동맥(posterior tibial artery) 간 문합 부위의 혈관 개존은 잘 유지 되어있었으나, 복재 정맥(saphenous vein)과의 정맥 문합 부위는 혈전으로 인하여 정맥혈의 순환이 불충분하였다. 혈전을 제거하고 다시



**Fig. 1.** (A) 37-year-old male patient visited to our clinic due to soft tissue defect and bone exposure and osteomyelitis of tibia after open fracture. (B) Debridement of infected necrotic soft tissue and bone was performed. Radiographs showed defect of tibia after debridement. (C) Scapular free flap was performed for soft tissue coverage. But exploration was done because of venous insufficiency. Thrombus (arrow) in vein was identified. Thrombectomy and reanastomosis was performed and finally, flap was survived. (D) Photographs showing ipsilateral vascularized fibula for transposition to bony defect of tibia. (E) After fibula transfer, it was fixed with flexible intramedullary nail and plate. (F) Four years after IVFT, bony union and hypertrophy of fibula was identified.

정맥간 문합을 시행하였으며, 최종적으로 피판은 생존하였다. 유리 피판술 후 8개월째에 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다(Fig. 1D). 비골을 전위시킨 후 영상 증폭기 감시 하에 연성 골수강내 금속정으로 비골과 경골을 고정하였으며, 이후 금속판을 이용하여 견고한 내고정을 시행하였다(Fig. 1E). 최종 추시 4년째에 전위된 비골의 유합과 비후가 관찰되었으며, 비골의 안정성은 잘 유지되고 있었다(Fig. 1F).

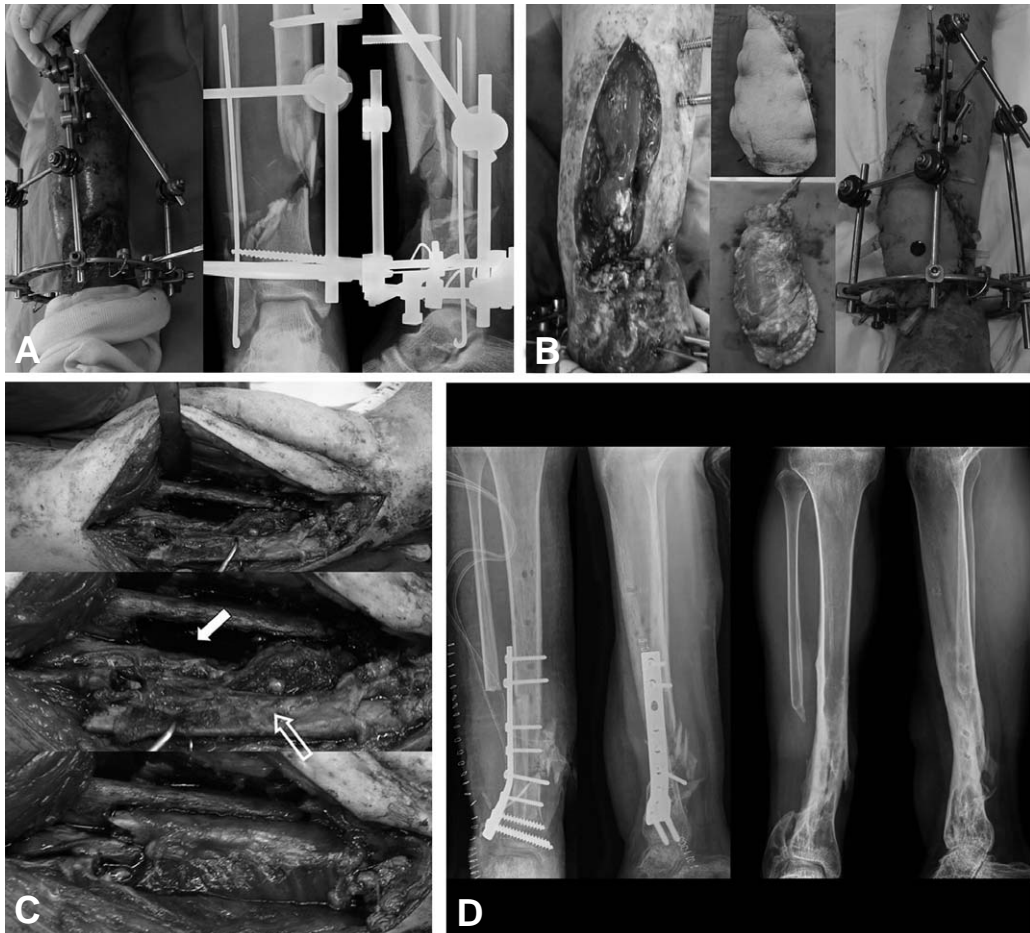
## 증례 2.

16세 남자로 오토바이 사고로 우측 개방성 경골 골절로 타병원에서 2차례 수술적 치료를 시행 받았으나 경골의 결손과 10×5 cm의 연부 조직 결손을 보여 본원으로 전원된 환자이다(Fig. 2A). 연부 조직 회복을 위하여 16×8 cm 크기로 광배근 피판을 도안하였고, 문합은 흉배

혈관(thoracodorsal vessel)과 전 경골 혈관(anterior tibial vessel)을 문합하였다(Fig. 2B). 유리 피판술 후 4개월에 외고정 장치는 제거와 함께 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다(Fig. 2C). 비골의 고정은 금속판으로 견고한 고정을 하였다. 최종 추시 4년 7개월에 재건된 경골의 15도의 내측 각변형이 관찰되었으나, 족근 관절의 외반 변형은 없었으며, 이식된 비골의 비후 및 견고한 골 유합이 관찰되었다(Fig. 2D).

## V. 고 찰

최근 교통 사고와 같은 고에너지 외상의 증가로 인하여 경골의 개방성 골절에서 심한 분쇄를 동반한 골 결손 및 심한 연부 조직의 손상이 늘어나고 있으며, 이는 이차적으로 심부 감염을 동반하기도 한다. 이러한 손상을 치료하기 위해 반복적인 수술에 따른 장기간의 입원 기간이



**Fig. 2.** (A) 16-year-old male patient visited to our clinic due to soft tissue and bone defect of tibia after open fracture. (B) After debridement of necrotic soft tissue and bone, latissimus dorsi free flap was performed. (C) Photographs showing ipsilateral vascularized fibula (open arrow) for transposition to bony defect (arrow) of tibia. (D) Radiographs after IVFT and four years 7 months after IVFT, bony union and hypertrophy of fibula was identified.

요구되며, 치료 후에도 기능적으로 불량하며, 결과적으로 하지 절단술을 초래할 수 있다. 골 및 연부 조직의 결손이 동반된 경골의 개방성 골절의 치료의 목표는 감염원을 철저히 제거해야 하고, 감염의 위험을 줄이기 위해 연부 조직을 최대한 빨리 수복하여 골 결손 부위의 단축이나 변형 없이 조기에 골 유합을 얻는 것이다.<sup>3,4</sup>

골 결손의 재건을 위한 수술 방법으로는 단순 자가골 이식술, Papineau 골 이식술, 외고정 장치를 이용한 가골 신연술 등이 있으나, 광범위한 연부 조직 결손과 골조직의 분절 결손이 동반된 경우에는 재건이 어렵다.<sup>4</sup> 이러한 광범위한 하지의 결손에서는 연부 조직의 수복과 혈관화 골 이식술을 병행하여 치료하는 것이 기능적인 하지를 재건하는 방법이다.<sup>3,5</sup> 혈관화 골 이식은 골 유도, 골 전도, 및 조골 세포를 포함한 생물학적 속성을 가진 살아 있는 골 조직을 제공한다. 따라서, 혈관화 골 이식은 충분한 기계적 강도를 가지며, 골 흡수가 일어나지 않고 감염에도 잘 견디며, 이식골의 재형성과 비후에도 관여한다. 혈관화 골 이식은 방법은 크게 두가지로 나뉘며, 유리 혈관화 골 이식과 혈관 부착 골 이식으로 구분된다.<sup>3,8</sup> 광범위한 연부 조직 결손을 동반한 골 결손에서 골 이식의 시기는 저자들에 따라 이견이 있다.<sup>3,4,9,10</sup> 몇몇 저자들은 one-staged 재건술이 반흔 형성의 가능성이 단계적 재건술에 비해 낮으며, 수혜부의 혈관이 비교적 건강한 상태로 유지될 수 있는 장점이 있다고 주장하지만, 아직 많은 저자들은 창상의 회복 후 단계적으로 연부 조직이나 골 결손의 재건을 시행하는 것이 수술의 합병증이나 실패를 피할 수 있는 방법이라고 주장하고 있다. Doi 등<sup>3</sup>은 26례의 만성 골수염으로 인한 분절 골 결손을 일차적 재건술을 시행한 결과 감염의 재발이 없었으며, 만족할 만한 골 유합을 얻었다고 보고하였다. 하지만, Yaremchuk 등<sup>9</sup>은 광범위한 개방성 손상에서 감염의 증거가 없더라도, 창상을 수복하게 되면 지연성 감염이 생길 수 있다고 하였다. 이는 골 피부판(osteocutaneous flap)으로는 광범위한 사강을 수복할 수 없기 때문이라고 주장하였으며, 따라서 광범위한 개방성 손상에서의 일차적 재건술은 바람직하지 않다고 하였다. Malizos 등<sup>10</sup>은 유리 비골 이식술을 이용한 하지 재건시 단계적 재건술을 시행한 환자 군의 수술 결과가 일차적 재건술을 시행한 환자 군에 비해 심부 감염 및 재건 실패율이 낮았다고 보고하였다. 저자들의 경우에도 10례 중 7례에서 감염이 동반되어 있었으며, 감염의 증거가 없던 3례도 지연성 감염의 위험을 배제할 수 없어, 일차적으로 변연 절제술을 시행 후에 유리 피부판을 통해 감염의 조절과 광범위한 연부 조직의 결손을 수복하였다.

1884년 Hahn에 의하여 처음으로 비골을 골 이식에 사용하기 시작한 이래로 비골의 이식술은 발전을 거듭해 왔다.<sup>11</sup> 1981년 Chacha 등<sup>11</sup>은 처음으로 11례의 비교적 큰 경골 결손에 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시도하여 술 후 평균 4개월에 골유합을 얻었다고 보고하였으며, 최소 18개월 동안 이식골의 피로 골절을 예방하기 위해 보호하였다고 하였다. Shapiro 등<sup>12</sup>은 경골의 결손과 불유합을 보인 9명의 환자에서 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하여 평균 4.2개월에 골 유합을 얻었으며, 모든 환자에서 6개월 이내에 골 유합을 얻었다고 하였다. Atkins 등<sup>13</sup>은 12~18 cm의 경골 결손을 동반한 5례의 개방성 경골 골절에서 동측 혈관 부착 비골 전위술과 Ilizarov 외고정 기구를 이용하여 좋은 임상적 결과를 보고하였고, 골 유합의 기간은 최소 13주에서 최대 35주가 소요되었다고 하였다. Hertel 등<sup>14</sup>은 경골 분절 결손을 치료하기 위해 시행한 동측 혈관 부착 비골 전위술 후 2년 이상 추시 가능했던 12례의 결과를 보고하였다. 그들은 충분한 비골의 안정성을 얻기 위해 경골의 재건시 짧은 압박 금속판과 긴 가교 금속판을 이용하거나, 지연 나사로 비골을 경골에 고정하였으며, 추가적 고정이 필요한 경우에는 외고정 장치나 금속판으로 보강하였다고 하였다. 또한 재건술 후 이식골의 치유를 촉진하기 위하여 전 체중 부하 보행을 비골 전위술 후 평균 5.5개월에 허용하였으며, 재골절이 일어난 경우는 1례에서 있었다고 보고하였다. 3명의 환자에서 외반 변형이 발생하였고, 1명의 환자에서는 내측 각변형이 있다고 보고하였다. 또한 1명의 환자에서 하지의 10도의 외회전 변형이 동반되었다고 하였다. 종양으로 인한 경골 결손을 가진 3례에서는 슬관절 유합술을 시행하였지만, 나머지 9례는 직업으로의 복귀가 가능하였다고 하였다.

저자들의 연구에서는 근위 숙주-이식골 경계 부위에서는 평균 5.2개월, 원위 숙주-이식골 경계 부위에서는 평균 8.2개월의 골 유합 기간이 소요되었다. 저자들은 이식된 비골의 골막을 보존하기 위해 골수강내 금속정과 가교 금속판을 이용하거나, 외고정 장치를 이용하여 고정하였다. 또한 골수강내 금속정과 금속판을 이용하여 전위된 비골의 고정을 시행한 레에서 외고정 장치를 시행한 증례보다 골 유합까지의 소요 기간이 짧았다. 또한 견고한 고정을 얻은 후에 조기 보행을 시행한 경우 이식된 비골의 더 빠른 비후를 보였다. 모든 환자에서 최종 추시시 전 체중 부하 보행이 가능하였으며, 피로 골절이 동반된 레는 없었다. 1례에서 15도의 내측 각변형이 관찰되었으나 일상생활에서 큰 문제는 없었다.

동측 혈관 부착 비골 전위술은 몇 가지 장점을 가지고

있다. 첫 번째로 혈관의 절단 및 미세 혈관 문합술을 피할 수 있으며, 비골의 탈혈관화의 위험이 없이 충분한 길이의 경골의 결손을 재건할 수 있다는 점이다. 두 번째 장점은 혈류가 잘 유지되므로 이식후에도 골 유합과 이식된 비골의 비후를 촉진할 수 있으며, 마지막으로 미세 혈관 문합술이 요구되지 않으므로 수술 시간의 단축이 가능하다.<sup>12,14</sup> 저자들의 수술적 술기에서도 비골로 공급되는 혈행을 보존하는 것이 가장 중요한 점이다. 비골의 혈액 공급은 비골 동맥에서 분지하는 영양 동맥과 골막의 혈행을 담당하는 궁상동맥(arcade artery)에 의해서 이루어진다. 특히 궁상 동맥을 보존하기 위해서는 비골의 후내측의 골막을 박리를 피하고, 동맥을 포함하고 있는 최소 1~2 mm의 두께의 근육을 포함하여 박리해야 한다. 또한 비골의 전위 시에는 비골 동맥의 혈관경이 신연되거나 꼬이지 않도록 주의해야 한다. 만약 비골의 골절 없이 경골의 결손이 중간 부위(mid-shaft)에서 발생했다면, 비골은 동일 높이의 수평 이동만 필요하기 때문에 이 경우에는 비골 동맥의 혈관경이 신연될 가능성은 낮다. 저자들은 이런 경우 비골 동맥의 혈관경을 굳이 확인하지는 않았으며, 후내측 근육을 박리하지 않고도 비골에 후내측 근육을 포함시켜 이동이 가능하였다. 수상 당시 비골의 한쪽 부위의 골절이 있는 경우에서 비골의 골절 부위와 경골의 결손 부위의 위치 차이가 많이 난다면, 비골은 수직 이동이 필요하다. 수직 이동 거리가 크면 혈관경이 신연될 가능성이 높기 때문에 이러한 경우에는 이동할 반대편의 근위 또는 원위 한쪽 혈관의 결찰이 필요할 수도 있다. 하지만 이러한 술식은 경골의 결손 부위가 지나치게 근위부나 원위부에 있을 경우, 비골의 혈관경의 길이가 충분치 않아 적용하기가 어려운 단점이 있다.

## Ⅶ. 결 론

하지의 고에너지 외상으로 인한 광범위한 골 및 연부 조직의 결손이 동반되거나 골 결손 부위에 감염이 동반된 경우에는 동측 비골을 전위하기 전에 양호한 연부 조직의 수복이 선행되어야만 한다. 연부 조직의 재건이 완료된 후 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행할 경우에는 이식 골과 잔여 경골의 접촉 부위의 감염된 조직이나 반흔 조직 등을 충분히 제거하여 건강한 골 조직끼리 접촉이 이루어질 수 있게 해야 한다. 또한 전위된 비골을 골수강내 금속정이나 금속판을 이용하여 견고한 고정력을 얻는 것이 중요하며, 필요하다면 외고정 장치를 병행하거나 여러 가지 고정 방식을 동시에 시행하여 고정력을 보강하는 방법도 불유합이나 지연 유합을 방지할 수 있고, 기능적으

로도 좋은 결과를 얻을 수 있다고 사료된다. 결론적으로 동측 혈관 부착 비골 전위술은 손상된 하지에서 비골을 제공받으므로 공여부의 이환이 비교적 적고, 미세 혈관 문합술이 요구되지 않으며, 생 비골 이식술의 효과를 얻을 수 있어 경골 결손의 재건에서 매우 유용한 방법이라고 사료된다.

## REFERENCES

- 1) Aronson J: Limb-lengthening, skeletal reconstruction, and bone transport with the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Am* 79(8):1243, 1997.
- 2) Cierny G, Zorn KE: Segmental tibial defects. Comparing conventional and Ilizarov methodologies. *Clin Orthop Relat Res* 301:118, 1994.
- 3) Doi K, Kawakami F, Hiura Y, Oda T, Sakai K, Kawai S: One-stage treatment of infected bone defects of the tibia with skin loss by free vascularized osteocutaneous grafts. *Microsurgery* 16(10):704, 1995.
- 4) Yazar S, Lin CH, Wei FC: One-stage reconstruction of composite bone and soft-tissue defects in traumatic lower extremities. *Plast Reconstr Surg* 114(6):1457, 2004.
- 5) Gordon L, Chiu EJ: Treatment of infected non-unions and segmental defects of the tibia with staged microvascular muscle transplantation and bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am* 70(3):377, 1988.
- 6) Green SA: Skeletal defects. A comparison of bone grafting and bone transport for segmental skeletal defects. *Clin Orthop Relat Res* 301:111, 1994.
- 7) Toh S, Tsubo K, Nishikawa S, Narita S, Kanno H, Harata S: Ipsilateral pedicle vascularized fibula grafts for reconstruction of tibial defects and non-unions. *J Reconstr Microsurg* 17(7):487, 2001.
- 8) Weiland AJ: Current concepts review: vascularized free bone transplants. *J Bone Joint Surg Am* 63(1):166, 1981.
- 9) Yaremchuk MJ, Brumback RJ, Manson PN, et al: Acute and definitive management of traumatic osteocutaneous defects of the lower extremity. *Plast Reconstr Surg* 80:1, 1987.
- 10) Malizos KN, Nunley JA, Goldner RD, et al.: Free vascularized fibula in traumatic long bone defects and in limb salvaging following tumor resection: Comparative study. *Microsurgery* 14(6):368, 1993.
- 11) Chacha PB, Ahmed M, Daruwalla JS: Vascular pedicle graft of the ipsilateral fibula for non-union of the tibia with a large defect. An experimental and clinical study. *J Bone Joint Surg Br* 63(2):244, 1981.
- 12) Shapiro MS, Endrizzi DP, Cannon RM, Dick HM:

- Treatment of tibial defects and nonunions using ipsilateral vascularized fibular transposition. *Clin Orthop Relat Res* 296:207, 1993.
- 13) Atkins RM, Madhavan P, Sudhakar J, Whitwell D: Ipsilateral vascularised fibular transport for massive defects of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 81(6):1035, 1999.
- 14) Hertel R, Pisan M, Jakob RP: Use of the ipsilateral vascularized fibula for tibial reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 77(6):914, 1994.