

## Original Article

## Reconstruction of Large Bone and Soft Tissue Defect Combined with Infection in the Lower Extremity with Free Flap Followed by Ipsilateral Vascularized Fibular Transposition

Duke Whan Chung, Chung Soo Han, Jae Hoon Lee, Eun Yeol Kim, Kwang Hee Park\*, Dong Kyoon Kim

Department of Orthopedic Surgery, Kyung Hee University School of Medicine, \*Department of Orthopedic Surgery, Gang Nam Korea Hospital, Seoul, Korea

Received November 15, 2013  
Revised November 19, 2013  
Accepted November 20, 2013Correspondence to: Eun Yeol Kim  
Department of Orthopedic Surgery,  
Kyung Hee University Medical  
Center, Kyung Hee University School  
of Medicine, 23 Kyungheedaero,  
Dongdaemun-gu, Seoul 130-872,  
Korea  
Tel: +82-2-958-8346  
Fax: +82-2-964-3865  
E-mail: coolkey102@naver.com**Purpose:** The aim of this study is to report on the results and discuss the role of free flap followed by ipsilateral vascularized fibular transposition (IVFT) for reconstruction of large bone and soft tissue defect combined with infection by open tibia fracture.**Materials and Methods:** During the research period, lasting from December 2002 to June 2008 (Kyung Hee University Medical Center), data were collected from three patients who underwent IVFT after free flap. We analyzed the successiveness and persistency of the infection using free flapping, bone union, and hypertrophy between transposed fibula and tibia.**Results:** Regarding free flap, successive results were observed in all examples. In the final follow-up results, transposed fibulas all survived, having hypertrophy similar to that of adjacent tibia.**Conclusion:** Reconstruction of tibia defect with free flap followed by IVTF is a useful and safe method for avoidance of the potential risk of infection for patients with a large tibial bone defect and soft tissue defect associated with infection.**Key Words:** Bone and soft tissue defect, Free flaps, Ipsilateral vascularized fibular transposition

## 서론

교통사고와 같은 고에너지 손상으로 발생한 하지의 개방성 골절은 심한 분쇄를 동반한 골 결손 및 심한 연부조직의 손상을 일으킨다. 연부조직의 손상과 동반된 골 결손을 치료함에 있어 비교적 결손부가 작고 연부조직의 상태가 양호하며 감염의 소견이 경미한 경우 단순 자가골 이식술로 골절부 골유합이 가능하며 소파술과 간단한 피부이식 또는 국소적 피부판 회전술로 창상부위를 봉합할 수 있다. 하지만 골 및 연부조직의 결손이 광범위하고 감염으로 인해 연부조직의 상태가 양호하지 못하여 심부 감염의 가능성이 존재하는 경우에는 치료가 쉽지 않다.

골 결손의 재건을 위한 수술 방법으로는 단순 자가골 이식술, Papineau 골 이식술, 외고정 장치를 이용한 가골 신연술 등이 있다. 고식적인 자가골 이식술로는 병소를 재건할 수 있는 충분한

이식골의 획득이 어렵고, 죽은 이식골과 수용골의 불유합, 이식골의 흡수 및 골절 등 많은 합병증이 있을 뿐 아니라 수술 후 골유합을 얻을 때까지 수차례의 수술과 오랜 기간의 고정이 필요하여 결과가 불만족스러운 경우가 많다. 비교적 골 결손이 클 경우 가골 신연술은 유용한 방법으로 알려져 있으나 점진적인 골 연장을 위하여 외고정 기기를 장기간 착용하고 있어야 하며 주변의 연부조직도 연장에 따른 부작용이 발생할 수 있으며 연부조직의 상태가 불량할 경우에 적용하기에는 어렵다.

연부조직의 손상이 심하고 감염 소견을 보이며 골 결손 부위가 커 위와 같은 방법으로 하지의 재건이 어려울 경우 우선 유리 피판술과 같은 광범위한 피복술을 통하여 결손부의 빈 공간을 없애고 혈액과 산소를 공급하여 국소적 면역 방어 능력을 향상시켜 감염을 조절하고 혈관화 골 이식술을 통해 심부 감염의 가능성을 최소화하고 골 결손을 치료하여 기능적인 하지를 재건하는 것이 하

나의 방법이다.

이에 저자들은 개방성 골절로 인해 이차적인 감염을 동반한 하지의 광범위한 연부조직과 골 결손을 유리 피판술 후 동측의 혈관 부착 비골 전위술을 통하여 단계적으로 재건한 임상적 결과와 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

### 대상 및 방법

2002년 12월부터 2008년 6월까지 경희대학교병원에서 유리 피판술을 시행 받은 후 동측의 혈관 부착 비골 전위술을 시행한 3예를 대상으로 하였다. 모두 남자였으며 환자들의 평균 연령은 26세(16~37세)였고, 평균 추시 기간은 7.1년(4.7~10.4년)이었다. 광범위한 연부조직과 경골 결손의 원인은 3예 모두 교통사고였다. 수술 전 검사로는 모든 증례에서 단순 방사선 검사와 하지 동맥 조영술을 시행하였다. 초기 손상 후 동반된 감염 및 연부조직 결손을 해결하기 위해 유리 피판술을 시행하였다. 피판의 선택은 환자의 나이, 창상의 감염 여부, 결손의 크기 및 동반 손상 여부에 따라 결정하였으며 유리 피판으로는 견갑 피판(scapular flap) 1예, 광배근 피판(latissimus dorsi flap) 1예, 전외측 대퇴부 피판(anterolateral thigh flap) 1예였다. 피판이 안정되고 감염이 조절된 후, 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다. 전위술 시행 후 8~12주 동안 장하지 석고 붕대 고정을 시행하였고, 이후 장하지 보조기를 3개월간 유지하며 체중 부하 없이 목발 보행을 허용하였고, 6개월 이후에는 보조기로 보호하면서 점진적으로 체중 부하를 허용하였다.

치료 성적의 평가는 유리 피판의 성공 및 감염 상태의 지속 여부와 전위된 동측 비골의 생존여부 그리고 경골과의 골유합 양상을 단순 방사선 검사를 정기적으로 시행하여 평가하였다. 골유합 양상에 대한 평가는 골 유합의 여부 및 골 유합에 소요되는 시간, 부위에 따른 골 유합의 진행 정도의 차이 및 유합된 비골의 비후 정도 등을 분석하였다.

### 결 과

유리 피판술 평균 5.6개월 후에 비골 전위술을 시행하였으며

모든 예에서 유리 피판술은 성공적인 결과를 보였다. 다만, 1예에서 유리 피판의 정맥 혈전이 발생하였으나 혈전을 제거하고 다시 정맥 간 문합을 시행하여 피판의 생존을 얻었다.

최종 추시 시 전위된 비골은 인접 경골과의 비슷한 직경으로 골 비후를 보이며 모두 생존하였다. 골유합까지 걸린 기간은 근위 속주-이식 골 경계부위에서는 평균 4.6개월(4~6개월), 원위 속주-이식 골 경계 부위에서는 평균 8.3개월(7~9개월)이었다. 체중을 부하시키면서 전위된 비골이 서서히 비후되는 골 유합의 진행 양상을 보였으며 평균 18개월 후 경골 직경과 같거나 그 이상으로 비후되어 유합되었다. 연부조직의 국소 감염 및 골수염 발생은 없었으며 전위된 비골의 피로 골절은 관찰되지 않았다(Table 1).

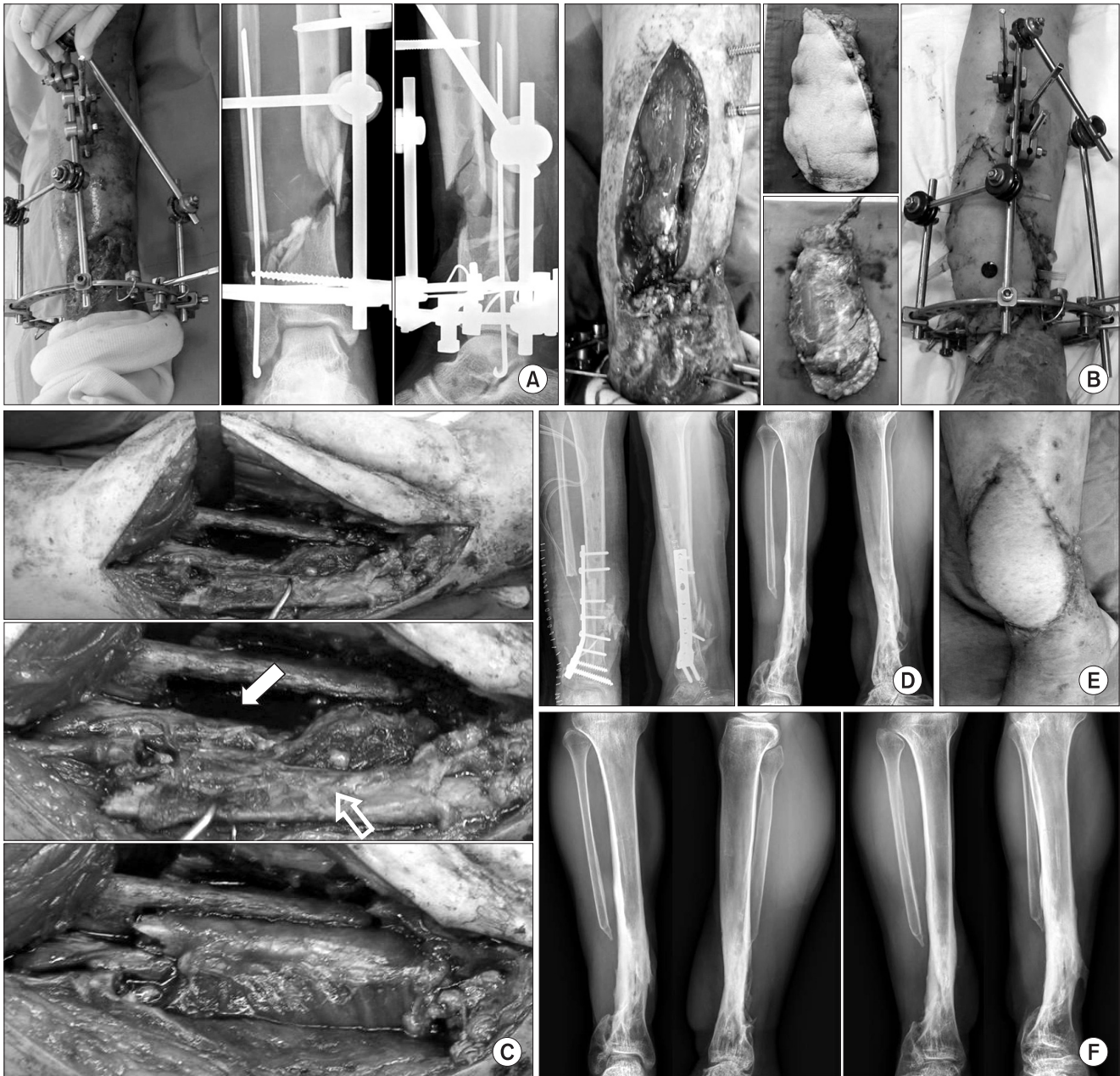
### 증례 1

16세 남자로서 오토바이 사고로 발생한 우측 개방성 경골 및 비골 골절로 타 병원에서 2차례 수술적 치료를 시행 받았으나 광범위한 하지의 연부조직 결손과 경골 결손을 보여 경희대학교병원으로 전원되었다. 외고정 기기를 이용한 골 고정술을 시행하였으나 치료 과정 중에 감염이 병발하여 골 조직 및 연부조직의 괴사가 동반되어 있었으며 항생제를 정맥으로 투여 중이었다(Fig. 1A). 감염을 조절하고 심부 감염의 위험성을 줄이기 위해 일차적으로 부골의 제거 및 변연 절제술을 시행하였으며, 연부조직 피복을 위하여 16×8 cm 크기로 광배근 피판을 도안 후 흉배혈관(thoracodorsal vessel)과 전 경골 혈관(anteriortibial vessel)을 문합하여(Fig. 1B) 유리 피판술을 시행하였다. 유리 피판술 후 4개월에 피판이 안정되고 감염을 조절한 후 외고정 장치 제거와 함께 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다(Fig. 1C). 수술적 도달법은 비골 전장의 전외측으로 절개를 가하여 장 족지 신경, 장 족지근을 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 0.5~1.0 cm 두께의 근육층을 남겨두고 박리함으로써 비골 동맥에서 분지되는 골막 동맥을 보존하였다. 최초 손상 시에 비골의 골절이 동반되어 있어 비골 골절 부위의 반대쪽에 해당하는 근위 부위만을 경골의 결손 부위와 맞게 절골하였다. 이후 지혈대를 풀어 비골을

**Table 1.** The profile of patients who were taken free flap followed by IVFT

Case No.	Sex/age	Cause	Type of flap	Time to perform IVFT after flap (mo)	Period to union transposed fibular graft (mo)			Complication
					Proximal	Distal	Until same or above tibial diameter	
1	M/16	Traffic accident	Latissimus dorsi	5	6	9	18	Angular deformity
2	M/26	Traffic accident	Anterolateral thigh	4	4	9	18	Angular deformity
3	M/37	Traffic accident	Scapular	8	4	7	18	Venous congestion

M: male, IVFT: ipsilateral vascularized fibular transposition.



**Fig. 1.** (A) A 16-year-old male patient visited to our clinic due to soft tissue and bone defect of tibia after open fracture. Ilizarov apparatus is used to reshaping limb bones (left). Rush rod bridging distal fibula and Ilizarov apparatus fixing tibia found in anteroposterior (center) and lateral view (right) of postoperative x-ray. (B) Debridement of necrotic soft tissue and bone was done (left). latissimus dorsi myocutaneous flap was harvested for reconstructive surgery (center). Soft tissue coverage of anterolateral skin defect was done using free latissimus dorsi flap (right). (C) Photographs show ipsilateral vascularized fibula (open arrow) for transposition to bony defect (closed arrow) of tibia. (D) Postoperative radiographic series (anteroposterior/lateral) of ipsilateral vascularized fibular transposition procedure was taken immediately (left) and 4 years 7 months (right) after surgery. (E) Clinical photograph shows tibial soft tissue defect is covered with latissimus dorsi flap at one year postoperatively. (F) Bony union and hypertrophy of fibula was identified in plain radiographs 10 years after surgery.

감싸고 있는 근육 조직과 절골된 비골의 양 끝단에서 활발한 출혈을 확인하였으며 혈관경이 꼬이거나 신연되지 않도록 주의하여 경골 결손 부위로 비골을 전위시켜 금속판으로 견고한 고정을 시행하였다.

근위 속주-이식 골 경계 부위에서는 4개월, 원위 속주-이식 골 경계 부위에서는 9개월에 골유합을 소견을 보였으며 18개월 후 비골이 인접 경골 직경으로 비후되어 유합된 소견을 관찰할 수 있었다(Fig. 1D). 계속되는 추시상 하지의 기능상의 문제는 없었으

며 재골절과 골수염 및 국소적인 연부조직의 감염 같은 합병증은 없었다. 최종 10년 추시상 재건된 경골의 15도의 내측 각변형이 관찰되었으나 족근 관절의 외반 변형은 없었으며 이식된 비골의 비후 및 견고한 골유합이 관찰되었다(Fig. 1E).

**증례 2**

26세 남자로 오토바이 사고로 발생한 우측 개방성 경골 및 비골 골절로 타 병원에서 일차적으로 Ilizarov 외고정 시행 후 광범위한 연부조직 결손 및 감염을 조절하기 위해 이차적으로 monofixator 외고정과 전외측 대퇴부 피판(anterolateral thigh flap)술 시행 후 경골의 광범위한 결손을 치료하기 위해 전원된 환자이다(Fig. 2A). 감염이 조절되고 피판이 안정화되어 있어 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시행하였다. 연성 골수강 내 금속성으로 비골과 경골을 고정하였으며 이후 금속판을 이용하여 견고한 내고정을 하였다. 18개월 후 전위된 비골이 경골의 직

경 이상으로 비후되어 골유합 소견을 보였으며 2년 후 내고정 장치를 제거하였다(Fig. 2B). 지속되는 추시상 경골의 각변형으로 인한 불편감을 호소하여 경골 교정 절골술을 계획하였다(Fig. 2C). 근위 숙주-이식 골 경계 부위에서 절골술을 시행한 후 내고정 장치로 고정하여 각변형을 교정하였고 절골술 부위의 골유합을 얻었다. 최종 추시상 족근 관절의 외반 변형은 없었으며 견고한 골유합을 보이는 만족할 만한 결과를 얻었다(Fig. 2D).

**고 찰**

최근 교통사고와 같은 고에너지 외상의 증가로 인하여 하지의 개방성 경골 골절에서 심한 분쇄를 동반한 골 결손 및 심한 연부조직의 손상이 늘어나고 있다. 골과 연부조직 결손 범위가 넓을수록 감염의 기회 및 합병증 발생 가능성뿐만 아니라 치료 시 골 이식과 연부조직의 피복 요구량이 증가한다. 이러한 손상은 치료하



**Fig. 2.** (A) A 26-year-old male patient visited to our clinic due to large bone defect of tibia after open fracture. Postoperative anterolateral (left), oblique (center) and lateral (right) x-ray view showed well-fixed tibia fracture by Ilizarov system. (B) Postoperative radiographic series (anteroposterior/lateral) of ipsilateral vascularized fibular transposition procedure with internal fixation using rush nail, plate and screws was taken immediately (left) and 18 months after ipsilateral vascularized fibular transposition (IVFT) bony union and hypertrophy of transposed fibular graft until same tibial diameter was observed (right). (C) Three years after IVFT, the tibia anterior-poster/lateral radiograph shows that both bony end of transposed fibular graft in united but deformed tibia was identified. (D) Three years after IVFT, corrective osteotomy was done at the bony end of proximal transposed fibular graft area due to angular deformity of tibia (left). Complete bony union and deformity correction were identified 1 year after corrective osteotomy was performed (right).

기 매우 까다로우며 치료 후에도 만족스런 결과를 이끌어 내기 힘들다. 광범위한 골 및 연부조직의 결손이 동반된 하지의 개방성 골절의 치료는 감염원을 철저히 제거하고 심부 감염의 위험을 줄이기 위해 연부조직을 최대한 빨리 수복하여 골 결손 부위의 단축이나 변형 없이 조기에 골 유합을 얻는 데 목적을 두어야 한다.

골 및 연부조직 결손의 재건을 위해 여러 가지 술식이 시행되어 왔다. Papineau 등<sup>1</sup>은 만성 골수염 환자에 있어서 개방성 변연 절제 및 해면골 이식을 통하여 좋은 결과를 보고하였다. 하지만 많은 양의 자가골이 필요할 뿐 아니라 골이식을 함으로써 기계적인 강도가 약해 장기간에 걸친 비체중 부하와 지속적인 상처 치료가 필요하다. Ilizarov 술식의 경우 조기 보행이 가능하고 골 전이에 의한 압축과 신연이 가능하여 골 결손 부위의 단축과 불유합의 치료에 좋은 결과를 보여주고 있으나 장기간의 외고정 장치의 유지에 따르는 불편함과 이동 원위부에서의 골 결합(bonedocking)이 문제가 되며, 연부조직 결손 부위에 대한 광범위한 피복술이 요구된다.<sup>2</sup> 반면 혈관화 골 이식은 골유도, 전도 및 조골 세포를 포함한 생물학적 속성을 가진 살아있는 골 조직을 제공하여 이식 부위의 충분한 기계적 강도를 가질 수 있으며 심한 연부조직 손상으로 인한 이차적인 감염의 조절이 용이하다. 또한 이식골의 재형성과 비후에도 관여하여 골절부의 안정성을 높이는 장점이 있다. 증례 2의 경우에서도 알 수 있듯이 이전 시킨 비골이 경골 직경 이상으로 비후되어 유합되어 이전 골절부에서 절골술을 시행하더라도 이전된 비골 부위가 지속적으로 재형성 능력을 유지하여 생물학적 속성과 기계적 강도를 지니고 있기에 골유합을 얻게 될 수 있었다고 생각한다.

한편, 혈관 부착 비골 동맥 피부편을 이용한 재건은 골 결손을 촉진시키는 동시에 연부조직을 동시에 피복하여 한 번의 수술로 연부조직 결손을 동반한 경골 결손의 재건이 가능하다. 하지만 Yaremchuk 등<sup>3</sup>은 골 피부편(osteocutaneous flap)으로 광범위한 결손을 재건하는 경우 감염의 증거가 없더라도 사강 생성으로 인한 지연성 감염이 생길 수 있어 일차적 재건술은 바람직하지 않다고 하였다. 본 연구에서와 같이 연부조직의 결손 부위가 크고 감염이 동반되어 있는 경우 감염이 조절되지 않아 혈관 문합 부위에 감염이 이환되면 골과 연부조직 모두 동시에 괴사되어 하지 재건이 실패할 위험이 있다. 따라서 감염이 심하거나 연부조직 결손이 비골 동맥 피부편으로 피복하기에 너무 큰 경우 일차적으로 큰 피판을 공여 받을 수 있는 유리 피판술을 이용하여 연부조직을 수복하고 감염 부위에 대한 치료를 한 후 단계적으로 골 결손 재건을 고려해야 한다.

광범위한 골 연부조직 결손 손상 시 골 이식의 시기는 저자들에게 따라 이견이 있다. Doi 등<sup>4</sup>은 만성 골수염으로 인한 분절 골 결손을 일차적 재건술로 치료한 결과 감염의 재발이 없고 만족할 만한 골 유합을 얻었다고 보고하면서 일차적 재건술이 반흔 형성

의 가능성이 단계적 재건술에 비해 낮으며 수혜부의 혈관이 비교적 건강한 상태로 유지될 수 있는 장점이 있다고 주장하였다. Malizos 등<sup>5</sup>은 유리 비골 이식술을 이용한 하지 재건 시 단계적 재건술을 시행한 환자군의 수술 결과가 일차적 재건술을 시행한 환자군에 비해 심부 감염 및 재건 실패율이 낮았다고 보고하며 창상의 회복 후 단계적으로 연부조직이나 골 결손의 재건을 시행하는 것이 수술의 합병증이나 실패를 피할 수 있는 방법이라고 주장하였다. 따라서 외상으로 인하여 골 조직을 포함한 광범위한 연부조직 결손과 손상 부위에 감염이 동반된 경우에는 골 결손 재건 전에 양호한 연부조직 및 피부로 이환부의 피복을 선행하여 감염을 조절하는 것이 필요하다. 본 연구에서도 손상으로 인한 이차적인 감염이 동반되어 있어 일차적으로 변연 절제술을 시행 후 유리 피판술을 통해 감염의 조절과 광범위한 연부조직의 결손을 일차적으로 수복하였고 추후 감염이 조절된 뒤에 동측 혈관 부착 비골 이식술을 통한 골 결손 재건을 계획하였으며 장기간의 추시 기간에도 국소 감염 및 골수염이 발생하지 않고 만족할 만한 결과를 얻었다고 볼 수 있다.

Hahn에 의하여 처음으로 비골을 골 이식에 사용하기 시작한 이래 비골 이식술은 발전을 거듭해왔다. 혈관 부착 비골 이식술은 Taylor 등<sup>6</sup>에 의해 최초로 기술된 이후 장골의 심한 외상 및 감염 그리고 선천성 기형에 의한 심한 골 결손 등에 유용하게 사용되어 왔으며, 특히 주변 연부조직 상태가 비교적 무혈성이어서 감염 등의 우려가 있는 경우에도 효과적으로 사용되고 있다. 그러나 혈관 부착 비골 이식술은 대부분이 미세 수술 기법을 필요로 하기 때문에 술기가 어렵고 정상적인 비골을 채취해야 한다는 단점이 있다. Chacha 등<sup>7</sup>은 비교적 큰 경골 결손에 동측 혈관 부착 비골 전위술을 시도하여 술 후 평균 4개월에 골유합을 얻었다고 보고하였다. 만약 경골의 결손이 발생한 동측의 하퇴부에서 연부조직 상태가 양호하여 동측의 비골을 혈관을 부착시킨 채로 경골의 결손 부위로 전위시켜서 골 유합 상태를 얻을 수 있다면 가장 간편하고 유용한 술식이 될 수 있다.

이러한 점에서 같은 하지 내 경골의 골 결손이 있을 경우 동측의 비골을 경골에 전위시켜 주는 술식은 수술시간이 단축 및 용이성, 전위된 비골에 대한 혈관 개존 여부 안정성, 안정적인 혈관 개통과 혈관화된 비골의 이식으로 골 융합 및 비후를 촉진시키는 장점이 있다. 결국 감염과 상처조직 등으로 혈액 공급이 원활하지 않은 상황에서 골 결손 부위로 전위된 혈관 부착 비골은 감염에 저항을 가지면서도 서서히 경골의 직경에 근접하는 정도로까지 비후되어 장기적으로 안정적인 골 융합을 가능하게 하는 중요한 역할하게 되며 골 유합 이후에도 지속적으로 재형성 능력을 유지하여 생물학적 속성과 기계적 강도를 가진다고 생각한다.

저자들의 수술적 술기에서 가장 중요한 점은 비골로 공급되는 혈행을 보존하는 것이다. 비골 골막의 혈행을 담당하는 궁상동맥

(arcade artery)을 보존하기 위해서는 비골의 후내측의 골막을 박리를 피하고, 동맥을 포함하고 있는 최소 1~2 mm의 두께의 근육을 포함하여 박리해야 한다. 또한 골 유합이 되기까지 충분한 비골의 안정성을 얻기 위해 전위된 비골을 골수강 내 금속정이나 금속속판을 이용하여 견고한 고정력을 얻는 것이 중요하다고 생각한다.

하지의 고에너지 외상으로 인해 발생한 감염이 동반된 광범위한 골 및 연부조직 결손의 치료는 일차적으로 연부조직을 수복하여 감염에 대한 치료를 선행하고 단계적으로 골 결손을 재건하는 방법이 권장된다. 일차적으로 연부조직 결손의 회복과 동반된 감염을 유리 피판술을 이용하여 해결한 후 단계적으로 동측의 비골을 혈관 및 연부조직을 보존한 상태로 경골의 골 결손 부위에 전위하여 골유합을 얻고, 이식된 비골은 점차 비후되고 골의 강도도 증가되어 경골과 근접한 직경과 강도를 갖게 되는 것이 관찰되므로 유리 피판술 후 단계적인 동측 혈관 부착 비골 전위술은 감염이 동반된 광범위한 골 및 연부조직 결손의 재건에 유용한 방법으로 생각된다. 또한 손상된 하지에서 비골을 제공받으므로 공여부의 이환이 비교적 적고, 미세 혈관 문합술이 요구되지 않으며, 생 비골 이식술의 효과를 얻을 수 있는 유용한 술식이라 생각한다.

## REFERENCES

1. Papineau LJ, Alfageme A, Dalcourt JP, Pilon L. Chronic osteomyelitis: open excision and grafting after saucerization (author's transl). *Int Orthop* 1979;3:165-76.
2. Tucker HL, Kendra JC, Kinnebrew TE. Management of unstable open and closed tibial fractures using the Ilizarov method. *Clin Orthop Relat Res* 1992;(280):125-35.
3. Yaremchuk MJ, Brumback RJ, Manson PN, Burgess AR, Poka A, Weiland AJ. Acute and definitive management of traumatic osteocutaneous defects of the lower extremity. *Plast Reconstr Surg* 1987;80:1-14.
4. 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* 1995;16:704-12.
5. Malizos KN, Nunley JA, Goldner RD, Urbaniak JR, Harrelson JM. Free vascularized fibula in traumatic long bone defects and in limb salvaging following tumor resection: comparative study. *Microsurgery* 1993;14:368-74.
6. Taylor GI, Miller GD, Ham FJ. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg* 1975;55:533-44.
7. 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* 1981;63:244-53.