

중첩한 비골 이식술을 이용한 대형 장골의 골 간단부 결손의 재건

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

정덕환 · 박준영

— Abstract —

Reconstruction of Metaphyseal Defect of Large Long Tubular Bone with Double Barreled Fibular Graft

Duke Whan Chung, M.D., Jun Young Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Kyung Hee University Seoul, Korea

There are limited treatment options in the reconstruction of the very large defect in the metaphyseal portion of distal femur and proximal tibia. Fibula is one of the most popular donor of the long bone reconstruction in reconstructive microsurgical field. It has many advantages such as very strong strut tubular bone, very reliable vascular anatomy with large vascular diameter and long pedicle. There are limited donor site problems such as transient peroneal nerve dysfunction. In those situations with the huge long bone defects in distal femur or proximal tibia, the defective bony shape and strength of the transplanted fibular bone is not enough if only one strut of the fibula is transferred. We performed 7 cases of "double barrel" fibular transplantation on the metaphyseal portion of distal femur and proximal tibial large defects in which it is very difficult to fill the bony gap with conventional bone graft or callotasis methods. It takes averaged 8.3 months since that procedure to obtain bony union. After solid union of the transferred double barreled fibular graft. There were no stress fracture in our series. So we can propose double barrel fibular graft is useful method in those cases with very large bone defect on the metaphysis of large long bone.

Key Words: Double barreled fibular graft, Long bone reconstruction, Bone defect

※통신저자: 정 덕 환
서울특별시 동대문구 회기동 1
경희대학교 의과대학 정형외과학교실
Tel: 82-2-958-8368, Fax: 82-2-964-3865, E-mail: dukech@khmc.or.kr

I. 서 론

장골의 결손에 대한 치료는 단순 해면골 이식술, 외고정 기구를 이용한 가골 신연술 등이 널리 이용되고 있으나 결손된 부위가 광범위한 경우에는 이와 같은 방법으로는 치료가 불가능한 경우가 많아서 미세수술 수기를 이용한 혈관 부착 생골 이식술을 시행하여야 한다. 이러한 골 결손을 재건하기 위한 미세수술 영역에서의 공여부로는 비골, 늑골, 장골능, 견갑골의 하연 등이 가능하다고 알려져 있으나 사지의 장골 결손 시에는 비골이 형태나 강도 측면에서 가장 적합하다. 이와 같이 가장 보편적으로 사용되고 있는 비골은 충분한 골 길이와 매우 단단한 골의 특성 및 공여부의 충분한 혈관경 등의 장점을 갖고 있으나 골의 굵기가 경골이나 대퇴골에 비하여 상당히 가늘기 때문에 하지에 이식할 경우 수여부의 골 직경보다 상당히 작은 경우가 대부분이다. 따라서 견고한 골 이식이 되지 못하는 경우가 많아서 경골에 이식한 후에도 골유합 후 체중 부하 시에 재골절을 일으키는 경우를 종종 볼 수 있고 대퇴골에 이식 시에는 심한 직경 차이로 인한 골강도의 부족으로 완전한 골유합이 이루어진 후에도 안심하고 체중부하를 못 시키거나 보조기 등을 항시 착용하도록 권장할 수 밖에 없다. 특히 골 간단부(metaphysis)에 인접한 골 결손 시에는 더욱 극복 하기가 어렵다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해서는 혈관부착 비골 이식술과 더불어 다량의 해면골 이식술을 동시에 시행할 수도 있으나 대퇴골 원위부나 경골 근위부의 골 간단 부위는 비골에 비해 상대적으로 용적도 크고 비골 간부에서 채취한 공여골과의 직경 차이도 심하여서 아무리 해면골 이식을 주변에 하여도 용적을 메우고 골의 강도를 유지시키기에는 부족하다. 이에 저자들은 공여 비골의 충분한 길이를 채취하여 공여 비골의 영양혈관을 유지한 채로 비골을 접어서 중첩되게 이식함으로써 대형 장골의 결손부를 더욱 견고하게 할 수 있는 방법을 소개하고자 한다. 본 술식은 1998년 정³이 보고한 증례들 중에서 대퇴골 및 경골의 골 간단부에 결손이 치중되어 있던 증례를 발췌하고 그 이후에 골 간단부에 추가적으로 시행된 증례를 대상으로 하였다. 1984년 5월부터 2002년 4월까지 저자들은 대퇴골 원위 간단부 4예,

경골 근위 간단부 3예에 대하여 이와 같은 술식을 시행하였다. 본 술식의 혈관 해부학적인 배경으로는 비골의 영양 동맥에 의하여 골내순환(endosteal circulation)을 받을 뿐만 아니라 비골 동맥의 경로를 따라 비골의 골막으로 영양을 공급하는 소위 arcade artery가 있어 이를 잘 보존할 시는 골내순환 경로가 차단된 경우에도 이식 비골의 생존이 가능하다는 것이다. 따라서 중첩되어 접혀진 이식 비골중 혈관경에 근접한 분절은 골내순환 및 골막순환 모두를 포함하나 혈관경에서 먼 쪽의 골 분절은 골막순환에만 의존하게 되는데 이와 같은 방법으로 이식된 이식 비골의 각 이식 단의 골유합 속도에 차이가 있는지를 분석하고 본 술식의 유용성에 대하여 알아보하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1984년 5월부터 2002년 4월까지 대퇴골 원위 간단부에 4예, 경골 근위부 3예, 총 7예에 대해서 본 술식을 시행하였다. 남자 6예, 여자 1예였으며 평균 연령은 39세(27~58세)였다. 골 결손의 원인으로는 6예에서 외상 후 발생한 광범위한 골 결손이었고 그 중 3예에서는 감염이 동반되어 만성 골수염의 후유증으로 인한 감염골 제거술 후에 생성된 광범위한 골 결손이 원인이었으며, 외상성 원인이 아니었던 1예는 경골 근위부에 진행된 거대 세포종을 제거한 후 형성된 골 결손이었다. 외상성 원인에 의한 6예에서는 본 수술 전 관혈적 정맥 및 금속 내고정술, 해면골 이식술, 골 소파술, 부골 제거술 등의 다 술식을 통하여도 골유합을 얻을 수 없었으며 광범위한 골 결손 상태가 지속되었다. 혈관 부착 생비골을 중첩시킨 상태로 골 결손부에 이식하여 금속물을 이용한 내고정 또는 외고정술을 사용하여 골의 안정성을 유지하였다. 외상에 의한 대퇴골 결손 4예 모두 공여부 혈관은 비골 동맥 및 정맥이었고 수여부 혈관은 3예에서 대퇴동맥, 1예에서는 슬와 동맥을 사용하여 단측 문합술(end to side anastomosis)을 시행하였으며 이중 2예에서는 혈관경의 길이가 짧아서 정맥 이식술을 추가로 시행해 주었다. 수여 정맥은 2예에서 대복재 정맥(great saphenous vein), 나머지 2예에서는 대퇴 동맥의 동반 정맥을 이용하였으며 외상에 의한 경골 근위부 결손 재건 3예에서는

전경골 동맥(Anterior tibial artery)과 대복재 정맥(Great saphenous vein)을 이용하여 단단 문합술(end to end anastomosis)을 시행하였다. 문합술후 금속 내고정술 및 장하지 석고 부목을 이용한 보조적 고정을 시행하였으며 술 후 4주에 골 주사 검사를 실시하고 술 후 3개월까지는 매달, 3개월 이후에는 3개월 간격으로 단순 방사선 검사를 정기적으로 추시하여 이식골의 골유합 정도를 측정하였다. 술 후 8주 전후에는 석고 부목을 제거하고 슬관절의 관절 운동을 실시하였으며 방사선 검사 소견에 따라 술 후 평균 6개월 경부터 장하지 보조기를 제작하여 체중 부하 시에 이식골 부위에 과도한 외력이 가해지지 않도록 주의시켰다.

미세 혈관 문합후 문합 혈관의 혈행 존재 유무는 수술 시야에서 골막 혈행(perioosteal circulation)만 존재하게 되는 중첩 비골 중 혈관경에서 먼 쪽 분절의 가장 원위부 골 절단면에서 출혈이 있음을 확인한 후 수술을 종료하였으나 유리 피판술과 같이 이식된 피판의 혈행을 항상 감시할 수 없는 관계로 술 후 혈행의 지속적인 감시는 불가능하였다. 외래 추시시 단순방사선 검사를 시행하여 골유합의 진행 정도를 분석하여 골 유합이 이루어지는 시기를 판단하였고 지속적인 추시 관찰로 완전한 체중부하 보행이 가능한 시기까지를 추시하였다.

Ⅲ. 수술 방법

수술은 양외위 또는 측외위에서 비골 경부에서부터 족 관절 외측과 상방 5 cm까지 비골을 중심으로 후외측 도달법인 Gilbert의 방법^{2,5}을 이용하였고 비골의 후면에 도달하여 비골 동맥의 혈관경을 확인하고 이를 잘 보호하면서 상방에서 하방을 향하여 주의 깊게 박리하되 특히 비골의 원위부 1/3과 1/2의 주변에서는 영양동맥의 손상을 피하도록 주의하였다. 또한 골막 혈행(perioosteal circulation)을 보존하기 위하여 비골 동맥의 혈관경을 감싸고 있는 Flexor hallucis longus와 Tibialis posterior 근육의 두께를 1~2 mm 정도 비골에 남겨 놓아 비골 동맥 혈관경에 포함시키도록 하여 필요한 길이 만큼의 비골과 비골 동맥을 포함한 혈관경(vascular pedicle)을 충분히 노출시킨 다음 수여부에서 미리 측정된 골 결손 길이의 2배 이상에 해당하는 만큼의 비골을 근위

부와 원위부에서 절골하였는데 저자들의 경우는 평균 14.7 cm의 비골 채취가 필요하였다. 상하에서 절골하여 충분히 분리하고 지혈한 후 비골 동맥 혈관경의 원위부를 잘 박리하여 비골 동맥과 동반 정맥 2개를 각기 결찰한 다음 절단하게 되면 공여 비골은 비골 동맥 혈관경만 부착한 채로 수술부위로부터 완전히 분리가 가능하게 된다(Fig. 1). 채취된 비골을 원위부로 약간 견인하면서 혈관경의 근위부 박리를 시행하는데 이때 가급적 긴 혈관경을 얻는 것이 수여부와 혈관 문합에 유리하고 공여부의 혈관 직경도 커지므로 비골두(fibular head)와 비골 경부(fibular neck) 사이에 위치하는 후경골 동맥에서부터 비골 동맥이 기시하는 부위까지 박리하여 동맥과 정맥을 잘 분리한 다음 지혈대를 풀고 채취 비골의 가장 원위부까지 출혈이 있는지 관찰하면서 비골 동맥과 그 동반 정맥을 결찰하고 가급적 근위부에서 후경골 동맥 손상을 피하면서 절단한다. 완전히 채취된 이식 비골은 중간부의 골막에 전외측에만 아주 조심스럽게 횡 절개를 가하고 골막의 일부를 2 mm 이내로 벗긴후 여기서부터 후내측으로 벗겨진 골막 사이를 통하여 가는 Kirschner wire로 3~4개의 작은 구멍을 낸 후 폭이 좁은 osteotome을 사용하여 횡으로 절골하되 절골부의 후내측에 혈관경을 포함한 골막을 최대한 보존하도록 한다(Fig. 1).

수여부의 준비는 골 결손부에 도달하기 전에 수여 혈관을 미리 확보하기 위하여 수여 동맥으로 결정된 동맥을 잘 절개하고 박리한 후 수여 동맥으로서의 적합성 여부를 판단하고 동반 정맥의 적합성 여부도 점검한다. 골 결손부로 도달하여 반흔 조직이나 섬

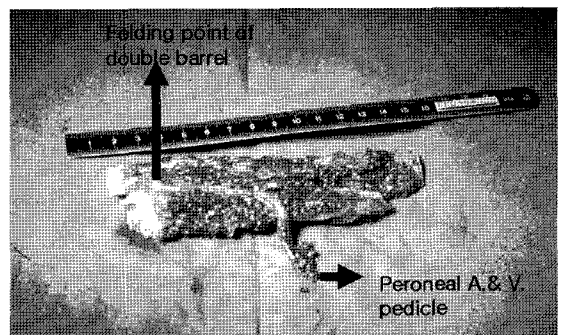


Fig. 1. Photograph shows vascularized fibula harvested with preservation of muscle sleeve for perioosteal circulation.

유 조직 등 불유합과 관련된 불필요한 조직을 모두 제거하여 골 결손부를 완전히 노출시킨 후 골 결손의 근위 및 원위단에서 출혈이 확인될 때까지 변연 절제술을 시행한다. 공여 비골이 이식될 공간을 확보한 다음 결손부의 길이를 측정하여 측정된 길이의 2배만큼의 공여 비골을 반대측 하지로부터 얻어서 전술한 방법을 통하여 중첩시킨 공여 비골을 결손부에 삽입하고 내고정 또는 외고정술을 이용하여 견고한 골 고정을 시행한다. 이때 혈관경을 잘 보호하고 수여 혈관과 공여 혈관의 위치를 고려하여 미세 혈관 문합술이 편리하도록 한다. 견고한 골 고정 후에는 수여 혈관과 공여 혈관을 수술 현미경하에서 문합하는데 이때 혈관경의 길이가 짧아서 미세 혈관 문합이 힘든 경우가 있는데 이럴 때는 정맥이식술을 하는 것이 좋다.

IV. 증례 보고

증례 1.

31세 여자 환자로서 경골의 근위 골단부(epiph-

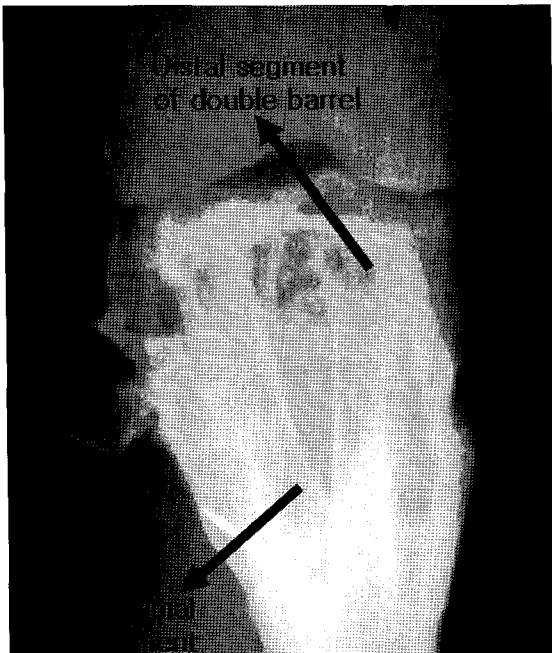


Fig. 2. Radiograph that shows bony union at proximal tibia postoperatively 4 years after performing double barrel fibular graft and autogenous cancellous bone graft for huge giant cell tumor.

ysis) 및 골간단부(metaphysic)를 광범위하게 침범하는 거대 세포종(giant cell tumor)으로 진단된 환자로서 비골 근위 단에서 골 피질의 연결성이 손상되는 병적 골절(pathologic fracture)로 인하여 슬관절 주위의 동통을 주소로 타 의료 기관에 내원시 절단술 또는 슬관절 유합술(Knee arthrodesis)를 권유 받았으며 이를 거절하고 내원한 환자였다. 거대세포종으로 이환된 부위를 광범위하게 소파하고 장골 능에서 채취한 해면골과 동측에서 채취한 혈관 부착 비골의 중첩 이식술로서 치료하였다. 4년간 원격 추시하였으며 견고한 골 유합을 얻을 수 있었다(Fig. 2). 슬관절의 운동 범위는 굴곡 100도, 신전 정상 소견을 보였으며 최종추시시 거대 세포종의 재발 소견은 보이지 않았으며 보조기 등의 착용 없이도 거의 정상적인 보행이 가능하였다.

증례 2.

26세 남자 환자로서 교통 사고로 인하여 대퇴골 원위부에 개방성 골절상을 입고 대퇴골의 원위 골간단 및 골간부에 걸치는 광범위한 부위에 11.5 cm에 이르는 거대한 골 결손을 보이고 있어 이를 재건하기 위하여 반대측 하퇴부에서 혈관 부착 비골 중첩 이식술을 시행하였다. 공여부 동맥은 비골 동맥, 수여부의 동맥은 슬와 동맥으로 측단 문합술(end to side anastomosis)를 시행하였다. 견고한 골 고정을 얻기 위하여 나사못 교합성 골수강 내 금속정을 병행하면서 장골 능에서 채취한 자가 해면골 이식술도 시행하여 주었다. 7년 동안의 장기 추시 시에 중첩된 비골의 근위 절편은 견고한 골 유합을 이루고 있고 원위 절편도 경도의 골 흡수를 동반하고 있으나 골 조직이 형성되어 있음을 관찰 할 수 있으며(Fig. 3A, B). 견고하게 고정된 골수강내 금속정에 의하여 체중부하가 가능하였으나 슬관절의 운동 범위는 굴곡 구축 30도, 굴곡 80도의 운동 범위를 보이고 있었다.

V. 결 과

이식 골의 생존율은 대퇴골 원위부에 이식된 1예에서 불확실하여 골 고정을 위하여 동시에 삽입한 골수강내 금속정을 제거하지 않고 지속적으로 유지시키고 있으나 그 밖의 증례에서는 모두 초기에 골

유합을 얻을 수 있었다. 24개월이 경과하여도 골 유합이 불확실하여 지연 유합으로 생각하였던 1예에서도 24개월 경과 후에 이식골 근위부의 유합이 확인되었으며 지속적인 불유합 부위는 해면골 이식술과 견고한 금속 내고정술을 다시 시행하여 골유합을 얻을 수 있었다. 재수술 소견으로는 이식된 비골이 생존하여 있었음을 관찰할 수 있었기에 결국 6 예에서 골 유합을 얻을 수 있었다. 장기간 추시 시에도 골 유합이 불확실 하였던 1예에서는 원위 골편의 유합 상태가 불량하였다. 이식 골의 생존이 불확실하였던 1예를 제외하면 평균 8.3개월(4~11개월)에 방사선 검사상 골유합 소견을 관찰할 수 있었다. 본 술식과 관련된 합병증으로는 5예에서 수술 후 공여부에서 일시적인 비골 신경 마비 증세가 있었는데 이는 일반적인 혈관 부착 비골 이식술에서 이식 비골을 절제하는 과정에서 발생하는 비골 신경 손상의 빈도보다 높았다. 그 이유는 중첩 이식술을 하기 위하여는 수여부의 골 결손 길이의 두 배가 되는 길이의

비골을 채취하기 위하여 훨씬 더 큰 절개가 필요하며 비골 주변의 근육이나 골막 등을 박리하여야 하므로 이 과정에서 비골 신경이 손상될 수 있는 기회가 증가하기 때문이라고 사료된다. 7예 모두 대퇴골 원위부 및 경골 근위부에 평균 8.4 cm의 광범위한 골 결손을 재건한 증례로서 보조기 등의 도움 없이 체중을 부하하는 시기는 술 후 평균 13개월부터 허용하였고 내 고정 금속 물의 제거는 골유합이 확인된 이후에도 6예에서는 평균 2년이 경과한 후에 시행하였다. 대퇴골 원위부에 시행한 1예는 이식된 중첩 비골의 원위 절편의 골 흡수 소견이 관찰되었으며 이는 원위 절편으로 가는 혈행이 부재하는 것으로 추측되며 수술의 기술적인 문제점으로 추측된다. 본 증례에 대하여는 골 고정을 위하여 삽입한 골수강 내 금속정을 영구적으로 제거하지 않기로 결정하였다.

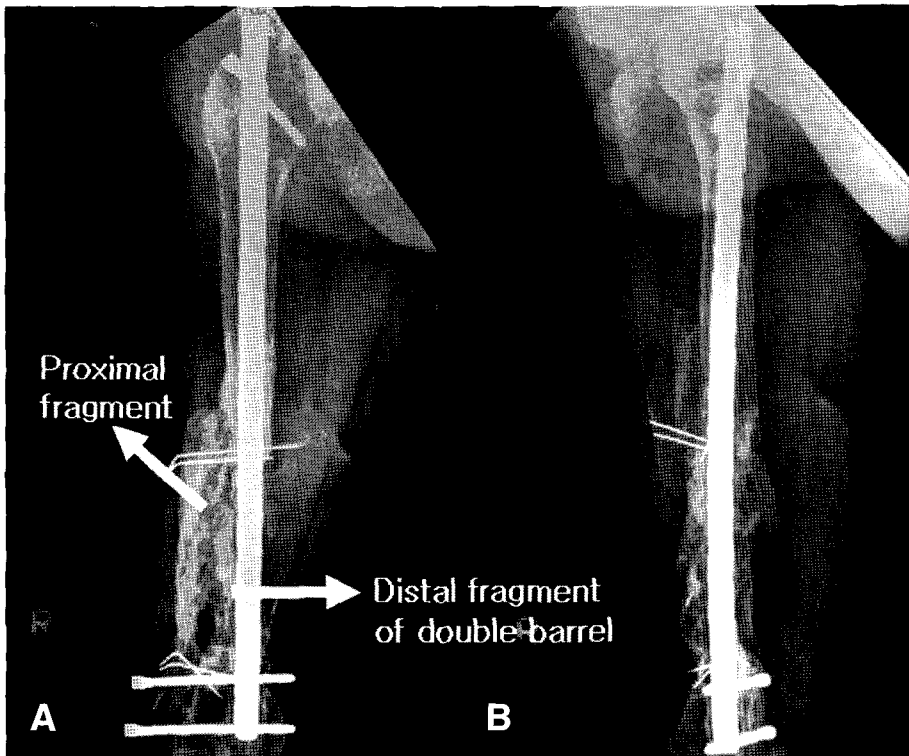


Fig. 3. (A) Femur AP radiograph (B) Femur lateral radiograph that shows solid bony union at proximal end of fibular graft postoperatively 7 years after performing double barrel fibular graft and autogenous cancellous bone graft for huge bone defect due to open distal femur fracture.

VI. 고 찰

외상이나 골 종양, 심한 감염 등으로 인하여 발생된 대형 장골의 결손을 치료하는 데는 자가 해면골 이식술만으로는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 Ilizarov 방법 등을 이용한 골연장술이나 멸균 처리된 동종골 이식술 등에 의해 많은 변화를 가져와서 대량의 골 결손 시에도 지체 절단 없이 치료가 가능해졌지만 골간단 부위나 관절에 인접한 부위, 특히 대퇴골 과상부(supracondylar area)나 경골과(tibial condyle) 부위의 광범위한 골 결손을 골연장술로 치료하기에는 골의 형태나 편위 삽입부위 결정 등으로 인하여 많은 어려움이 있고, 특히 수 차례의 선행된 수술이나 광범위한 연부조직 결손에 대한 피부이식술이 수반되었던 예에서는 거의 불가능하다. 이와 같은 경우에 미세수술을 이용한 골 이식술이 유용할 것이다. 장골의 재건에 가장 적합한 것으로 알려져 있는^{5,8,9,11} 비골은 그 형태나 골의 강도 등이 경골 간부나 상완, 전완부 골의 재건에는 매우 유용하나,⁶ 대형골인 대퇴골, 특히 대퇴골 원위부에서는 모양도 적합하지 않고 골의 직경(diameter) 차이와 형태상의 차이점도 커서 잘 응용되지 못하고 있었다. 이와 같은 단점을 극복하고 그 응용 영역을 확대하고자 비골을 이종으로 접어서 이식하는 방법을 도입하게 되었다.^{3,4} 이와 같은 술식이 가능한 해부학적인 배경은 비골의 영양 동맥은 비골 동맥의 분지로서 비골 간부의 중간 정도 부위에서 비골의 후내측에 위치한 영양공(nutrient foramen)을 통하여 들어가서 피질골의 내측 2/3를 담당하는 것으로 알려져 있으며⁷ 비골 간부의 전장을 따라 주행하는 비골 동맥은 주행 과정 중 비골의 골막에 수많은 골막 분지를 내어서¹⁰ 이를 통하여 비골 피질골의 외측 1/3을 담당하는 골막혈행(periosteal circulation)을 형성하게 되므로 골막 혈행만을 보유하고 있는 이식 비골에도 혈행이 가능하여^{2,7} 미세수술을 이용한 생비골 이식 술시에 이식골을 중간에서 횡으로 절골하여도 비골 동맥을 그대로 부착시킨 상태를 유지한다면 절골하부의 비골도 생존이 가능하다는 점에 착안하게 되었다. Jones 등⁴은 이와 같은 방법을 전완부의 요골 및 척골 모두 결손 시에도 사용한 경험을 보고한 바 있으나 가장 적합한 적용 예는 대퇴골 원위 과상부 부위가 아닌가 사료된다.

저자들은 대퇴골 과상부를 포함한 대퇴골 간부 및 경골 근위부에서 이 술식을 시행하여 얻은 결과로 기술적인 문제가 추정되면서 감염이 합병되었던 1예를 제외하고 6예에서 평균 8.3개월에 방사선 검사 소견상 골유합으로 판정 가능하였는데 이는 중첩하지 않은 생비골 이식술의 체중 부하 시기에 대한 결과로 Taylor⁷의 10개월과 큰 차이가 없으나 Jupiter 등⁵의 4.6개월이나 중첩 비골을 사용하였다는 Jones 등⁴과는 다소 차이가 있다. 이는 한⁶등이 기술한 바와 같이 연구 방법에서 골유합을 판정하는 것은 단순 방사선 검사를 주관적으로 판정하는 것이며 이식된 부위나 수여부 주변상황, 골 결손의 원인, 선행된 수술로 인한 혈행상태 저하, 환자의 성별이나 연령 등을 고려치 않은 것으로 큰 의미는 없을 것으로 사료된다. 이와 같은 임상 결과와 문헌 고찰을 토대로 본 술식은 고식적인 해면골 이식술로는 치유가 불가능한 광범위한 골 결손 중 대퇴골과 같은 대형 장골, 특히 대퇴골 원위부나 경골 근위부의 골 결손 시에 골 유합을 도모할 수 있고 두 개의 이식된 비골 분절의 강도로 인하여 체중 부하시에도 비교적 안심할 수 있으며 한 개의 비골 이식 시에 병발할 수 있는 이식골의 재골절을 방지할 수 있는 유용한 방법이라고 생각된다.⁴

VII. 결 론

대퇴골 원위부나 경골 근위부의 골 간단부에 발생한 광범위한 골 결손 시에 결손부 길이의 최소 두 배 크기의 비골을 혈관 부착 한 채로 반대측 하퇴에서 채취하여 이를 접어서 중첩하여 결손부에 삽입하고 혈관 문합 하는 본 술식은 대형골의 심한 골 결손 시에 결손부에 대응할 만한 크기와 강도의 활동성 골 조직으로 결손부를 재건 시킬 수 있는 유용한 방법으로 사료된다. 대퇴골 원위부 및 경골 근위부는 골의 용적이 매우 크므로 비골을 이종으로 중첩하여 삽입하여도 이식골의 양이 부족 하기 때문에 장골 능 등에서 자가 해면골을 채취하여 동시에 이식하는 것이 추천되며 방사선 검사 소견 상 골유합이 이루어진 후에도 상당한 기간 동안 내고정 금속물을 제거하지 않거나 보조기 착용을 권장함으로써 이식골의 골절을 예방할 수 있다고 생각한다.

REFERENCES

- 1) Akin S and Durak K: *One-stage treatment of chronic osteomyelitis of the proximal tibia using a pedicled vascularized double-barrel fibular flap together with a muscle flap. J Plastic Surg.* 2002;55(B):520-523.
- 2) Berggren A, Weiland AJ, Ostrup LT and Dorfman H: *Microvascular free bone transfer with revascularization of medullary and periosteal circulation or the periosteal alone. J Bone Joint Surg.* 1988;81:378.
- 3) Chung DW: *Free vascularized fibular transfer with double barrel fashion. J K Microsurg,* 7: 54-61, 1998.
- 4) Jones NF, Swartz WM, Mears DC, Jupiter JB and Grossman A: *The "Double Barrel" free vascularized fibular bone graft. Plast Reconstr Surg.* 1988;81:378-385.
- 5) Jupiter JB, Bour CJ, and May JW: *The reconstruction of defects in the femoral shaft with vascularized fibular bone transfers. J Bone Joint Surg.* 1987;69-A:365.
- 6) Park BM, Hahn SB and Shin SI: *Lower Extremity Reconstruction by Vascularized Bone Graft Transfer. J Korean Orthop Assoc.* 1987;22:872-878.
- 7) Taylor G I, Miller G DH and Ham FJ: *The free vascularized bone graft. Plast Reconstr Surg.* 1975;55:533.
- 8) Weiland AJ and Daniel RK: *Microvascular anastomoses for bone grafts in the treatment of massive defects in bone. J Bone Joint Surg.* 1979; 61-A:98.
- 9) Weiland AJ, Kleinert HE, Kutz JE and Daniel RK: *Free vascularized bone grafts in surgery of the upper extremity. J Hand Surg.* 1979; 4:129.
- 10) Yoo MC, Chung DW, Han JS, Ahn JS and Kim KH: *A Clinical Study of Buoy Flap. J Korean Orthop Assoc.* 1987;22:1157-1165.
- 11) Yoo MC, Kim BK, Bae SW, Oh DC: *Vascularized Fibula Graft for Restoration of the Large Bone Defect. J Korean Orthop Assoc.* 1986;21:313-322.
- 12) Yoshimura M, Shimamura K, Yoshinobu I, Yamauchi S and Ueno T: *Free vascularized fibular transplant. J Bone Joint Surg.* 1983; 65-A:1295.