

## 유리피판술 및 Ilizarov 골 신장을 병행한 광범위한 하지결손의 재건

유대현 · 윤지영 · 탁관철 · 박병윤  
연세대학교 의과대학 성형외과학교실

김학선 · 양규현  
연세대학교 의과대학 정형외과학교실

The treatment of massive bone and soft tissue defect in the lower leg has a high complication rate of nonunion, chronic infection, and amputation without well-vascularized tissue coverage of the open fracture. Despite adequate free soft tissue coverage, massive skeletal defect may result in segmental bone defects, angulation deformity, and limb length discrepancies. In the last decade, major advances have occurred in the Ilizarov method of distraction osteogenesis in lower leg salvage as a delayed procedure or simultaneous distraction after free-tissue transfer. The authors have performed Ilizarov transport in conjunction with muscle and musculocutaneous flap coverage in nine cases of lower leg salvage. The flaps consist of rectus, gracilis, latissimus dorsi, parascapular, and serratus muscle or musculocutaneous fashioning using ipsilateral or contralateral pedicle in consideration of vessel condition. Revision, recorticotomy and flap elevation were also used as a secondary procedure for satisfactory results. The conclusions were as follows: 1) Multidisciplinary team approach with conjoining departments at the time of preoperative evaluation, postoperative care and rehabilitation care; 2) Muscle flap covered with split-thickness skin graft was preferred to musculocutaneous flap; 3) To reduce the total reconstructive period, simultaneous free tissue transfer with Ilizarov distraction should be considered.

**Key Words:** Lower leg salvage, Free tissue transfer, Ilizarov distraction

Dae Hyun Lew, M.D., Ji Yung Yun, M.D., Kwan Chul Tark, M.D., Beyoung Yun Park, M.D. Hak Sun Kim, M.D., Kyun Hyun Yang, M.D. Lower Leg Salvage Procedure in Massive Bone & Soft Tissue Defects: Combined Free Flap & Ilizarov Distraction Osteogenesis. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 108: 938-944, 1999

From the Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yonsei University College of Medicine. Department of Orthopedic

Surgery, Yonsei University College of Medicine.

Address Correspondence to Dr. Dae Hyun Lew, M.D. Department of Plastic Surgery Yonsei University College of Medicine Shinchon Dong 134, Seodaemun Ku Seoul, 120-752, Korea, Tel: 02) 361-5691 / Fax: 02) 393-6940 / E-mail: dhnew@yumc.yonsei.ac.kr

### I. 서 론

하지의 광범위한 개방성 골절시 하지결손의 재건은 고식적인 치료법으로는 종종 치료후 불유합, 하지의 불균형, 만성 감염 및 골수염 등의 합병증을 동반하며,<sup>1</sup> 특히 국소피판을 이용할 경우 위치와 크기의 제한성 등으로 만족할 만한 결과를 얻기는 힘들다. 1970년대 Serafin 등<sup>2</sup>이 유리피판술을 이용, 하지 연부조직을 재건한 이래 유리피판술은 다른 방법에 비하여 풍부한 혈행과 충분한 양의 조직이식이 가능하므로 오늘날 보편적인 술기로 이용되고 있으며 더 나아가 혈관경을 갖는 유리 경골이나 유리 장골이식이 하지의 골격재건을 위하여 이용되고 있다.<sup>3,4</sup>

그러나 이러한 유리골 피판술을 이용한 하지재건은 회복기간 동안의 stress성 골절, 공여부의 부작용 등의 문제점이 야기되었고, 더욱이 오늘날 증가하는 대형 교통사고와 high-energy에 의한 손상은 매우 광범위한 골 결손을 동반하는 연부조직 결손을 유발하며 이와 같은 경우 공여부 크기의 제한성으로 하지 재건시 한계가 있을 수 있었다. 1990년 Jupiter 등<sup>5</sup>은 이러한 광범위한 하지의 골 및 연부조직 결손시 유리피판술을 이용 연부조직을 피복한 후 이차적으로 Ilizarov 골 신장술을 이용, 골 결손을 재건하는 combined procedure을 소개하였으며, 이후 1994년 Feibel

등<sup>6</sup>은 유리피판술과 Ilizarov 골 신장술을 동시에 시행하는 simultaneous procedure를 시도하였다.

저자들은 이와 같은 광범위한 골조직의 결손이 있는 복합적인 하지손상의 경우 유리피판을 이용하여 연부조직 결손부위를 피복한 후 골 신장을 시행함으로써 하지재건을 시도하였다.

그러나 피복된 유리피판과 Ilizarov 신장기의 핀의 방향, 혹은 문합된 혈관경의 위치 등이 골 신장시 여러 가지 방해요인으로 작용할 수 있으므로 세심한 술 전계획 및 핀의 위치선정이 필요하였다. 그간 시행한 경험을 토대로 문헌고찰과 더불어 유리피판 및 유리근 피판을 비교 분석함으로써 골 신장시 각피판이 갖는 장점과 단점들에 대하여 논하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

1996년부터 1998년까지 본원에 내원한 하지손상 환자 중 매우 광범위한 하지 골격 및 연부조직 결손 소견을 보이는 환자들에게(GIIIb 4명, GIIIc 5명) 다양한 유리피판술로 연부조직 결손부를 피복하여 골 신장에 필요한 공간을 확보한 후 Ilizarov 골 신장기를 이용하여 남아 있는 골조직을 신장하였다. 연부조직의 결손이 매우 광범위한 경우 광배근 피판과 전거근 피판(latissimus dorsi & serratus flap) 혹은 광배근 피판과 부건갑 피판을 하나의 혈관경으로 하는 복합 유리피판을 거상하여 피복하였으며 혈관손상이 심하여 동측 하지에 적절한 수혜부 혈관이 없는 경우 하지 교차 유리피판술을 계획하여 반대편 하지의 후경골 동맥을 이용하였다(Table I). 골 결손이 6 cm 미만인 환자의 경우도 연부조직 결손이 광범위하여 골 신장을 위해 Ilizarov 신장기를 이용하였으며 유리피판술 시행후 신장술은 평균 1.8개월후에 시행하였고 절골술은 한군데 혹은 두 곳을 시행하여 절골술후 2주부터 하루에 1 mm씩 골 신장을 시행하여 최소 4 cm에서 최대 17 cm까지 경골 결손부를 재건하였다.

### 증례 1

32세 남자환자로 12 x 8 cm 연부조직 결손과 11 cm의 골 결손을 동반한 GIIIb 개방성 경비골 골절을 주소로 본과로 전원되었다. 연부조직을 피복하기 위하여 광배근 근피판을 이용한 유리피판술로 연부조직 결손부를 재건하였으며, 유리피판술 시행 2개월후 원위부 경골에 피질골 절단술을 시행, 근위부로 신장하여 골 재건을 유도하였다. 약 11개월의 신장기간과 2개월의 consolidation period를 거친 후 반대측 경골과 동일한 굵기의 골격 재건이 가능하였으며 정상적인 보행이 가능하였다(Fig. 1).

### 증례 2

56세의 GIIIb의 개방성 족배부 및 경골골절 환자로 이차적인 감염과 이에 따른 수차례의 피사조직 제거술후 X-ray 소견상 13 cm의 골 결손을 유발하였다. 하지의 전경골부와 족배부를 동시에 피복하기 위하여 부건갑 피판(parascapular flap) 및 광배근 근피판(latissimus dorsi myocutaneous flap)을 동시에 거상하였으며 견갑하 동맥을 혈관경으로 하는 복합피판을 180도로 회전하여 총 30 cm에 거친 연부조직 전체를 피복하였고, 유리피판술후 50일째 근위부 경골에 피질골 절골술을 시행함과 동시에 Ilizarov 골 신장기를 장착하였다. 술후 일주일간의 잠복기를 두고 하루 1 mm씩 골 신장을 시행하여 7개월에 걸쳐 13 cm의 골 결손을 재건하였다. 그러나 골 전이가 이루어지는 근위골에 부착된 핀의 위치가 신장시 재건된 유리피판의 피부 위를 통과하게끔 삽입되어 골 신장시 피복된 피판이 핀에 저항하여 피판의 전위가 관찰되었으며 이는 차후 이차적인 교정술로 절개술과 피판거상후 피하지방 제거술을 요하였다. 또한 골 결손의 양측 단단부의 골수염 소견은 유리피판술 피복후 조절되었으나 이 영향으로 골 신장후 신장된 골이 만나는 부위(docking)의 불유합 소견이 관찰되어 장골이식으로 교정할 수 있었다(Fig. 2).

### 증례 3

17 cm의 광범위한 골 결손을 동반한 24세 남자환자로 기능상 above knee amputation을 권유하였으나 거절하였고 기능이 떨어지더라도 반드시 본인의 자가조직에 의한 하지의 재건을 원하였다. 이학적 검사소견상 하지부의 전면 구획부는 전무하였으나 후면 구획(posterior compartment)은 정상적으로 보존되었으며 후경골 신경 역시 정상적으로 존재하였으므로 하지재건을 계획하였다.

연부조직 결손의 크기가 광범위하여 두개의 광배근 피판을 정상측 하지의 후경골 동맥을 이용하여 교차 하지 유리피판술로 순차적으로 피복하였으며 이후 남아 있는 경골의 근위부 및 원위부 두 곳을 유리피판술후 3개월째, 11개월간 동시에 신장하여 골 재건을 시도하였고 2개월간의 consolidation period를 필요로 하였다. distraction이 끝난 양측 신장된 골이 docking된 후의 임상 및 X-ray 소견을 관찰할 수 있다(Fig. 3).

## III. 결 과

총 9명의 환자에서 성공적인 하지재건이 이루어졌으며 정규적인 방사선 검사를 시행하여 골 신장의 결과를 주기적으로 관찰하였고 관절의 구축을 방지하기 위하여 물리치료를 시행하였다. 환자의 평균 연

Table I. Patients Analysis

Sex/Age	Diagnosis	Defect size(cm)		Vascular Injury	Soft tissue reconstruction		Distraction after free flap(month)
		bone	Soft tissue		Free tissue	Recipient vessel	
M/55	GtypeIIIb	6	15 × 6	NONE	Rectus ms	Ipsilateral ATA	2
M/36	GtypeIIIc	12	20 × 10	PTA	LD ms	Contralateral PTA	3
M/54	GtypeIIIb	12	19 × 8	NONE	Gracilis ms	Ipsilateral ATA	3
M/44	GtypeIIIc	13	18 × 6 10 × 9	PA	Parascapular & LD ms	Ipsilateral ATA	1.5
M/26	GtypeIIIc	17	34 × 16	ATA,PA	LD mc X2	Contralateral PTA	3
M/32	GtypeIIIb	11	12 × 8	NONE	LD mc	Ipsilateral ATA	2
M/55	GtypeIIIb	5	15 × 4	NONE	Rectus ms	Ipsilateral ATA	1
M/11	GtypeIIIc	4	24 × 9	PTA,PA	LD&Serratus ms	Contralateral PTA	2
M/44	GtypeIIIb	10	12 × 6	NONE	Gracilis ms	Ipsilateral ATA	2
Mean = 27.3*			10*	19 × 8*			1.83*

\* : Mean ATA: anterior tibial artery, PTA: posterior tibial artery, PA: peroneal artery

LD: latissimus dorsi, ms: muscle flap, mc: musculocutaneous flap

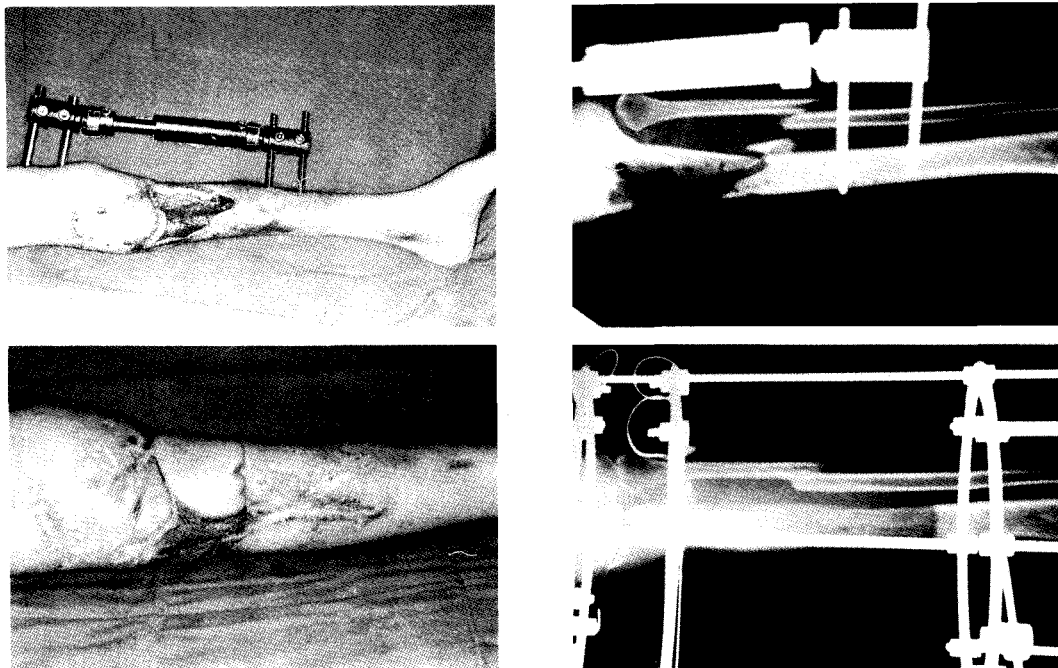


Fig. 1. Case 1. A 32-year-old man suffered from GIIIb open tibio-fibula fracture at proximal metaphyseal diaphyseal junction. (Above, left & right) Clinical and X-ray findings of left leg before microsurgical free transfer. (Below, left & right) End results, after 11 months of distraction and 2 months of consolidation, before the patient underwent free tissue transfer.

령은 27.3세, 골 결손은 평균 10 cm, 연부조직 결손은 평균 19 x 8 cm이었다(Table I). 유리근판을 사용한 경우에 있어서는 분층식피술을 시행하였고 공여부에 있어서도 감염, 기능상의 제한 등은 관찰되지 않았으며 골수염이 있던 부위에서도 치료된 소견이 관찰되었다.

술후 야기되었던 문제점들로는 2명의 경우에서 골

단부위에 신골형성이 지연되어 별도의 절골술을 시행하였고 술후 신장울의 조정이 필요하였으며, 골 신장 말기에 양측 신장된 양측 골단부의 접촉면(docking site)에서 불유합이 발생하여 이차적으로 피판거상후 장골이식을 시행함으로 교정하였다. 또한 유리근판을 사용한 경우 2예에서 골 신장시 pin에 의한 피판의 변이가 발생함과 동시에 골 신장을 방해하는 요

인으로 작용하였다. 이 경우 pin의 주행방향에 따라 절개술을 시행하거나 이차적으로 피판을 거상한 후 피하지방 제거술 등을 시행하였다.

#### IV. 고 찰

과거 광범위한 하지결손시 그 재건의 제한점은 건강한 연부조직의 제공에 있었으나 1970년 대초 유리 피판술의 개발로 혈행이 풍부한 충분한 양의 연부조

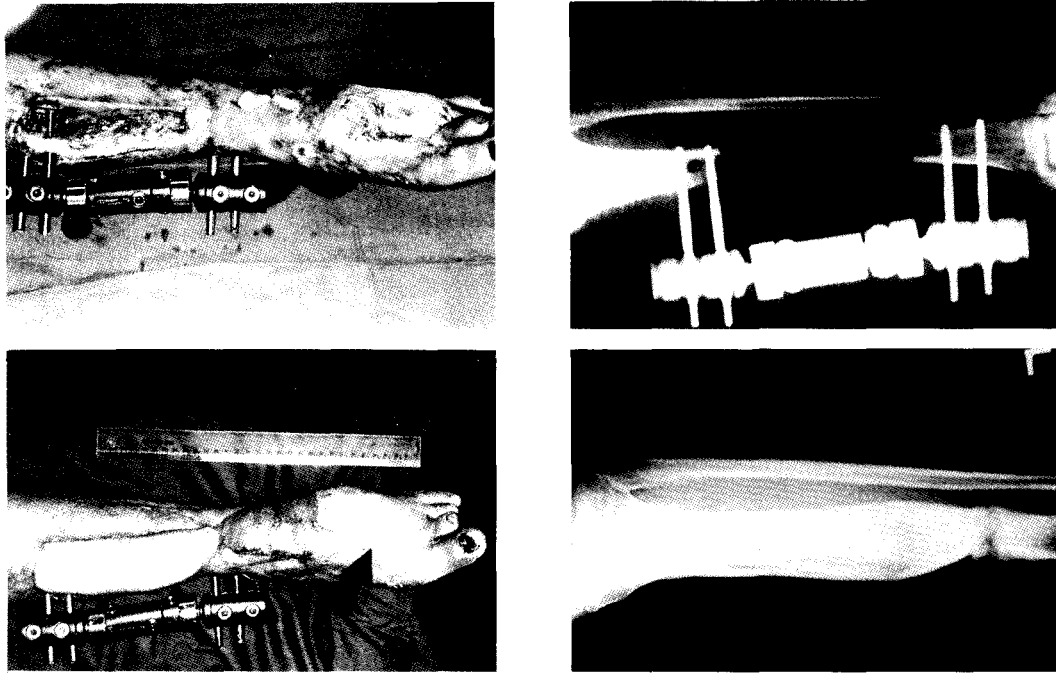


Fig. 2. Case 2. A 56-year-old man sustained open metatarsal bone and tibial fracture with 13 cm bony defect. (Above, left) Clinical appearance after debridement and bony resection (Above, right) roentigenogram. (Below, left) Latissimus dorsi and parascapular myocutaneous free flap was designed and elevated to cover the anterior tibia and foot dorsum(arrow) simultaneously. (Below, right) Clinical and radiographic result after distraction; radiograph shows mineralization of regenerated bone.

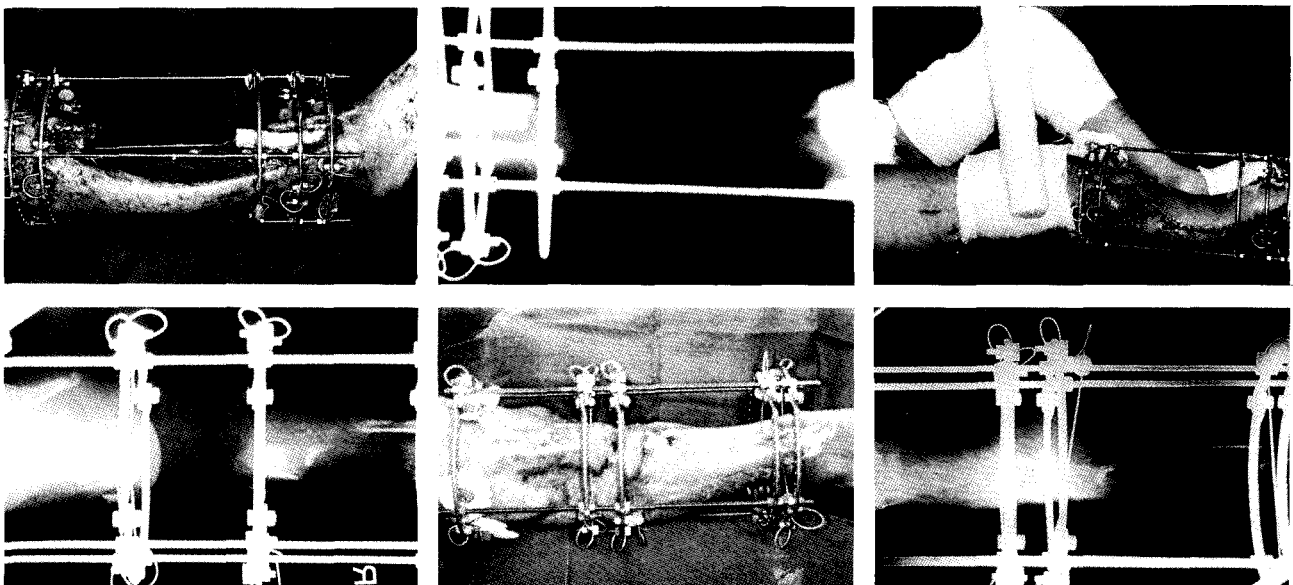


Fig. 3. Case 3. A 24-year-old man suffered open tibio-fibula fracture with 17 cm bony defect. (Above, left) Clinical appearance after bony resection and debridement. (Above, center) Radiographic finding. (Above, right) Defect was covered with two latissimus dorsi myocutaneous flaps using contralateral cross-leg fashioned free flap. (Below, left) Proximal and distal tibia was transported at the same time. (Below, center & right) Satisfactory result after free transfer and bone transportation; adequate regeneration was formed at docking site.

Table II. Representation of Difference in Delayed Period  
Delayed Period

Jupiter et al. (1991): 3month to 4years with varriation
Tukiainian et al.(1996): 1month to 1 year
Lawenberg et al.(1998): 18days to 55 month(mean 13 month)
Lew et al (1999): 1 or 2month

직을 이용 결손부 피복이 용이해짐으로서 골 결손이 적은 하지손상 특히 원위부 1/3 부위도 치료가 가능하게 되었다. 골 결손이 8 cm 이하로 비교적 적을 경우 일반적인 골이식과 장기간의 고정으로 골유합이 가능하나 8 cm 이상으로 광범위한 골 결손이 동반된 경우에는 고식적인 방법으로의 골 재건은 불가능하다. 1975년 Taylor 등이 유리 비골 이식술 등을 보고한 이래 이와 같은 광범위 골 결손도 유리골 이식을 이용하여 재건이 가능하게 되었다.<sup>7,8</sup> 그러나 유리 비골 이식의 경우 12개월 이상의 침상안정과 정상적으로 하지를 사용하기 위하여서는 약 1-2년간의 시간이 필요하며, 공여부의 불편, stress성 골절 등이 문제로 지적되었다.<sup>9</sup> 더욱이 대부분의 골 결손이 있는 하지손상의 경우 골 결손과 더불어 연부조직 결손을 동반하고 있으며 이는 비골동맥의 관통지를 이용한 피부판을 동시에 거상하는 것만으로는 피복하기가 어렵다. 1997년 유대현 등<sup>10</sup>은 이와 같은 한계점을 극복하고자 전이된 비골의 원위부 혈관을 공여 혈관으로 다시 박근피판을 유리이식하는 관통혈류를 이용한 유리피판술로 결손부를 피복하고자 하였으나, 이와 같은 술기는 결국 2개의 유리피판을 시행하여야 함으로 수술이 커지고 번거러워지는 단점이 있었다. 광범위한 하지결손시 동반되는 또 하나의 문제점은 동반되는 창상부위의 감염이나 골수염으로, 이의 치료를 위하여서는 혈행이 풍부하고 사강을 완전히 막아 줄 수 있는 근피판이 유리하다. 따라서 이와 같이 염증이 동반된 경우에는 유리 비골 이식은 적절치 않으며 염증치료의 목적으로 시행이 불가능하다. 반면 근피판을 이용한 피판술은 이와 같은 경우에도 시행이 가능하고 골 노출부위의 빠른 피복은 오히려 골수염을 방지하거나 사골의 범위를 줄임으로 향후 골재건시 훨씬 유리하다.

하지에서 유리피판술의 성공율은 각 기관마다 그 리고 시기에 따라 다르며 1989년 Khouri<sup>11</sup>는 약 84% 정도로 보고하였으나 오늘날 대부분 95%를 상회하는 높은 성공율을 보이고 있다.<sup>12</sup> 그러나 하지의 혈관은 혈관수축이 잘오며 손상후 부종이나 염증 등의 영향을 받음으로 타 부위에 비하여 좀더 세심한 술

전계획이 필요하다. 완벽한 유리피판술의 성공을 위하여서는 술전 정확한 진단에 의한 수혜혈관의 선택이 중요하며 가능한 zone of injury를 벗어난 부위에서의 문합을 시행하여야 하며,<sup>11</sup> 수혜혈관 박리후 수혜부의 혈관에서 정상적인 혈류량이 관찰되지 않을 경우에는 과감히 반대편 하지의 손상 받지 않은 혈관을 이용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 가장 많이 이용되는 근피판들로는 광배근 근판, 복직근 근판, 박근 근판 등이 있으며 광배근 피판의 경우 크기의 유용성 등으로 가장 널리 이용되어지고 있다.<sup>12</sup> 그러나 손상의 범위가 슬관절부나 족배부 등과 더불어 있는 경우 광배근 피판만으로 모두 피복하기는 어렵게 된다. 이와 같이 광범위한 피복이 필요할 경우 부건갑 피판과 광배근 피판 혹은 전거근 피판과 광배근 피판을 동시에 사용하는 단혈관경을 갖는 복합 유리피판(single pedicled multiple free flap)을 시행함으로 피복이 가능하다(Fig. 3).

유리피판술후 골 신장을 시행하기까지의 delayed period<sup>9</sup>는 저자마다 많은 차이를 보이고 있으나(Table II), 저자의 경우 1-2개월후에 피판을 다시 거상하더라도 문제가 없는 시기를 선택하여 이차적인 절골술을 시행하였다. 피부 유리피판을 이용하여 연부조직 결손부를 재건하고 이차적으로 골 신장을 시행할 경우 Ilizarov의 핀이 피판을 가로지르거나 부분적으로 통과하게 되면 피부판이 이에 저항하여 골 신장을 방해할 수 있으며 경우에 따라 피판이 매우 심하게 전이되어 이차적인 교정이 필요할 수 있다. 초기 저자들은 절골된 골 분절이 피하로 전이하기 위하여서는 좀더 튼튼한 조직이 필요할 것으로 사료되어 피부 판(cutaneous flap)을 선호하였으나 피판의 전이, 골 신장 제한, 신장된 골의 양측 골단부가 만나는 지점에서의 피판의 함몰 등의 문제점들이 노출되었다. 더욱이 골편의 전이시 골단부 골편만이 아니라 주변의 연부조직이 함께 신장되는 것을 관찰할 수 있었으며 이에 따라 재건된 피부 판은 더욱 전이가 가속화되는 것을 관찰할 수 있었다. 오늘날 Ilizarov 골 신장기를 이용할 경우 최대 20 cm까지의 경골 신장이 보고되어 있다.<sup>13</sup> 골 신장시 신골형성은 medullary callus에서 기인하는 것으로 생각되며 피절골 절골술 후 신장술 이전까지의 잠복기(latent period)는 골막과 골수 내에 혈행공급의 시기로 약 7일간의 시간이 필요한 것으로 보고되고 있다.<sup>14</sup> 골 신장율은 하루에 1 mm가 가장 적당한 것으로 보고되어 있으며,<sup>15</sup> 그 빈도는 한회 0.25 mm씩 하루 4차례로 신장하는 것이 안정성을 위해 보편적으로 사용되는 방법으

로 여겨지고 있다. 골신장시 문제점들로는 불완전한 절골로 인한 신장장애, 골 신장기의 이완, pin 부위의 염증이나 통증 등이 있으며 일부에서는 불완전한 골 경화, 신경마비, 아킬레스건의 구축 등이 보고되고 있으나<sup>16</sup> 무엇보다도 골 결손의 부위가 클 경우 신장시 소요되는 기간이 매우 길다는 점이다. 20 cm 골 재건을 위해서는 이론적으로는 200일이 소요되나 임상적으로는 여러 가지 방해인자로 인하여 이보다 더 많은 시간이 소요되며 결국 전체적인 하지재건의 기간은 길어지게 된다. 신장기간을 좀더 줄이기 위하여서는 좀더 완전한 피질 절골술을 적용하고 가능하면 근위부 및 원위부 두 곳에서 동시에 골 신장을 시행하거나 환자의 연령이 적을 경우 하루 2 mm의 급속신장을 시도할 수 있다. 최근 들어 유리피판 피복과 동시에 골절골술 및 Ilizarov 신장기를 장착하는 simultaneous procedure의 성공적인 임상례가 보고되었으며<sup>6</sup> Lowenberg 등은 delayed procedure와 simultaneous procedure를 비교 분석함으로써 이 술식의 유용성을 재확인시켰다.<sup>9</sup> 이와 같은 술기는 성형외과 및 정형외과 시술자간 절골부위 및 핀의 위치, 신장의 방향, 혈관경의 위치 등에 대한 긴밀한 술전, 술중계획과 협조가 이루어진다면 피판의 생존에 별다른 영향을 미치지 않으면서 이 술기의 단점인 오랜 치료기간을 다소 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 재건중 발생할 수 있는 문제점으로는 핀의 위치와 혈관경의 위치에 따른 골 신장장애나 골 신장의 실패, 피판의 변위, pin 이동 제한, 신장된 골단 사이에 피판의 침몰, 골단의 불유합 등이 있었으며 이러한 경우 섬세한 술전계획, 충분한 사골의 제거, 적절한 절골술, 적절한 pin의 위치선정, 근피판보다는 근판의 사용 등으로 예방이 가능하며 필요한 경우 이차적인 피부판 박리나 피하지방 제거, 골이식 등으로 교정이 가능하다.

Williams 등은 Ilizarov 방법과 절단술의 비교한 결과 보조기 등 환자에게 부여되는 치료비가 절단술시, combined procedure에 비해 7배 이상이라고 보고한 바 있으나,<sup>17</sup> 적절한 적응증과 술후 재건시의 기능에 대한 종합적인 평가가 없는 무분별한 수술 시행시 환자의 신체 일부뿐만 아니라 환자와 환자의 보호자가 겪게 될 시간적, 경제적 부담과 고통은 치료 초기 단순 절단술 시행 때보다 오히려 증가 될 수도 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 교실에서는 골 결손을 동반한 광범위한 하지결

손 환자에게 유리피판술후 골 신장을 시행함으로 만족할 만한 하지재건을 이룩할 수 있었으며 이러한 병행요법은 골수염이 있거나 사강이 많아서 유리 비골 이식술을 시행하기 어려운 경우에 특히 효과적이었다. 무난한 골 신장을 위하여서는 근판이 피부피판보다 더욱 유리할 것으로 생각되며 피판술 및 절골술을 동시에 시행함으로 재건에 소요되는 시간을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 무엇보다도 재건에 소요되는 많은 시간과 노력, 경제적 측면을 감안할 때 술전 성형외과, 정형외과, 재활의학과 등의 협진을 통한 재건후 기능적인 측면에 대한 평가와 이에 의거한 적응증 선택과 술중 및 술후 협진이 중요할 것으로 사료된다.

## References

1. Gustilo RB: Problems in the management of type III open fracture: a new classification of type III open fracture. *J Trauma* 24: 742, 1984
2. Serafin D, Georgiade NG: Comparison of free flaps with pedicled flaps for coverage of defects of leg or foot. *Plast Reconstr Surg* 59: 492, 1977
3. Shapiro MS, Endrizzi DP, Cannon RM: Treatment of tibial defects and nonunion using ipsilateral vascularized fibular transplantation. *Clin Orthop* 296: 207, 1993
4. Moore JR, Weiland AJ: Vascularized tissue transfer in the management of osteomyelitis. *Clin Plast Surg* 13: 657, 1986
5. Jupiter JB, Kour AK, Palumbo MD: Limb reconstruction by free-tissue transfer combined with the Ilizarov method. *Plast Reconstr Surg* 86: 492, 1990
6. Feibel RJ, Oliva A, Jackson RL: Simultaneous free tissue transfer and Ilizarov distraction osteosynthesis in lower extremity salvage: case report and review of the literature. *J Trauma* 37: 322, 1994
7. Weiland AJ: Current concepts review. Vascularized free bone transplants. *J Bone Joint Surg* 63: 166, 1981
8. Taylor GI, Miller DH, Ham HJ: Free vascularized bone graft: a clinical extension of micro vascular technique. *Plast Reconstr Surg* 55: 533, 1975
9. Lowenberg DW, Feibel RJ: Combined muscle and Ilizarov reconstruction for bone and soft tissue defects. *Clin Orthop* 332: 37, 1996
10. Lew DH, Lee HB: Tissue revascularization with flow through circulation. *J Korean Soc Reconstr Hand Surg* 29: 2, 1997
11. Khouri RK, Shaw WW: Reconstruction of the lower extremities with microvascular free flaps: a 10year experience with 304 consecutive cases. *J Trauma* 1086: 83, 1989

12. Hidalgo DA, Jones CS: The role of free-tissue transfer: a review of 150 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 86: 492, 1990
13. Ilizarov GA: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: II. The influence of rate and frequency of distraction. *Clin Orthop* 239: 263, 1989
14. Spiro SA, Oppenheim W: Reconstruction of the lower extremity after Grade III distal tibial injuries using combined microsurgical free tissue transfer and bone transport by distraction osteosynthesis. *Ann Plast Surg* 30: 97, 1993
15. Raschke J, Ficke J: Posttraumatic segmental and soft tissue defects of the tibia treated with Ilizarov. *J Injury* 2: 45, 1993
16. Vasconez HC, Nicois PJ: Management of extremity injuries with external fixator or Ilizarov devices. *Clin Plast Surg* 18: 505, 1991
17. Williams MO: Long-term cost comparison of major limb salvage using the Ilizarov method versus amputation. *Clin Orthop* 301: 156, 1984