

혈관부착 생골이식술을 이용한 척추 및 사지의 재건

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

한수봉 · 강용식 · 원예연

— Abstract —

Vascularized Bone Graft for Spine and Limb Reconstruction

Soo Bong Hahn, M.D., Eung Shick Kang, M.D. and Ye Yeon Won, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine,
Seoul, Korea*

We analysed the thirty three cases of the free vascularized bone graft performed in the Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine from February 1982 to December 1989 and would like to report the results as follows.

1. There were 27 cases in men and 6 cases in women and the mean age was 27.3 years.
2. We have performed the procedure for the reconstruction of the large bony defects developed after massive trauma in 13 cases, core decompression of the avascular necrosis of the femoral head in 8 cases, tumoral resection in 6 cases, treatment of congenital pseudoarthrosis in 3 cases, and bone infection in 3 cases.
3. The most common recipient site was tibial shaft (18 cases, 54%) and the most common donor site was fibular shaft (23 cases, 69%).
4. The average length of bone defect (or grafted bone) in 23 cases of vascularized fibular graft was 9.8 cm and in 9 cases of vascularized osteocutaneous iliac bone graft, it was 5.8 cm.
5. The follow-up period was ranged from 13 months to 5 years 8 months (mean, 2 years 2 months).
6. All patients were evaluated clinically and roentgenographically on the basis of functional recovery and bony union. Of the 33 cases, 31 cases (93%) showed satisfactory functional recovery with sound bony union.
7. It is highly expected that the vascularized bone graft is a one of the better alternatives for the reconstruction of the large bone defect and prevention of the early state of the avascular necrosis of the femoral head from progression.

Key Words : Vascularized Bone Graft, Limb Reconstruction

※ 본 논문의 요지는 1992년 11월 20일 제 12차 대한미세수술학회 학술대회 및 1993년 4월 15일 제 37차 대한정형외과 춘계 학술대회에서 구연되었음.

서 론

사지에 발생한 광범위한 골결손의 재건에는 고식적인 골이식술로는 이식골의 흡수, 불유합 및 피로골절 등이 있어 실패율이 높았다^{10,17)}.

1975년 Taylor 등¹⁹⁾은 최초로 경골에 발생한 외상성 골결손의 재건을 위하여 유리혈관부착 비골이식을 시행하여 성공하였으며, 그후 늑골¹⁴⁾과 장골등¹²⁾을 이용한 유리혈관 부착 골이식 또는 골피이식, 골단을 포함한 혈관부착 골이식 및 혈관부착 관절이식 방법^{7,11,18,22)}이 개발되었다. 이와 같은 미세수술을 이용한 골이식의 장점은 이식골에 혈류를 보존한 채로 이식할 수 있어 고식적 골이식의 골유합 기전인 점동대치(creeping substitution)와는 근본적으로 다른 골절치유 기전에 의한 골유합이 일어나게 되어 유합기간이 짧고 이식골의 비후까지 기대할 수 있다는 것이다²¹⁾.

본 연세대학교 의과대학 정형외과학 교실에서는 1982년 1월부터 1989년 12월까지 혈관부착 생골이식술 33례를 시행하였으며 이를 추시관찰하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1982년 1월에서 1989년 12월까지 사지 및 척추에 광범위한 골결손으로 본 연세대학교 의과대학 정형외과에 내원하여 혈관부착 생골이식술을 받았던 환자들 중에서 추적관찰기간이 최단 13개월에서 최장 5년 8개월이고 평균 추시기간이 2년 2개월에 드는 33례를 대상으로 하였으며, 환자의 임상 소견, 이학적 소견 및 방사선 소견에 의거하여 비교 분석하였다.

결 과

1. 연령 성별분포

연령분포는 4세에서 63세까지로 수술당시의 평균연령은 27.3세이었다. 성별분포는 남자가 27명, 여자가 6명으로 남자가 많았다(Table 1).

Table 1. Age and Sex Distribution

Age/Sex	M	F	Total
0-10	7	1	8
11-20	1	3	4
21-30	5	1	6
31-40	7	0	7
41-50	5	1	6
51-60	1	0	1
61-70	1	0	1
Total	27	6	33 Cases

Mean Age : 27.6 Yrs.

2. 수혜부의 원인 질환

혈관부착 생골이식술을 요하는 골결손을 야기했던 원인으로는 교통사고나 기계사고 등에 의한 외상성 골결손이 13례로 가장 많았으며 골종양의 광범위한 절제술이 6례, 선천성 가관절증이 3례, 척추결핵 1례가 포함된 골감염이 3례 있었다 (Table 2). 그외 Ficat Stage II의 대퇴골두 무혈성 괴사증에서 생비골 이식술이 8례 있었다.

Table 2. Causes of Recipient Sites

Causes	No. of Cases
Traumatic Bone Defects	13
A.V.N., Femoral Head	8
Bone Tumor	6
Pseudarthrosis	3
Bone Infection	3
Total	33 Cases

A.V.N. : Avascular Necrosis

3. 수혜부의 해부학적 분포

혈관부착 생골을 이식받았던 수혜부의 해부학적 분포는 경골이 가장 많아 18례이었고, 대퇴골두가 8례, 종골이 3례, 그리고 척추, 상완골, 요골 및 척골이 각각 1례 이었다 (Table 3).

4. 공여부의 해부학적 분포

혈관부착 생골이식술에서 이식골의 공여부의 해부학적 분포는 비골이 가장 많아 23례이었고, 장골등이 9례 및 늑골이 1례이었으며 비골이식 23례 중에서 10례는 buoy flap을 이용한 이식술이었

Table 3. Distribution of the Recipient Sites

Recipient Sites	No. of Cases
Tibia	18
Femoral Head	8
Calcaneus	3
Spine	1
Humerus	1
Radius	1
Ulnar	1
Total	33

Table 4. Distribution of the Donor Sites

Donor Sites	No. of Cases
Fibula	23
Iliac Crest	9
Rib	1
Total	33

다(Table 4).

5. 골결손의 길이(이식골의 길이)

이식골을 공여부에서 분리하기 전에 수혜부를 처리하여 골결손의 길이를 측정하게 되는데 이때 이식골의 길이는 측정된 골결손보다 1cm 정도 길게 떼어내게 된다. 저자들의 예에서 이식골의 길이 분포를 살펴보면 최단 3cm, 최장 15cm이었으며 각 공여부별로 본 골결손 또는 이식골의 평균 길이는 다음과 같다(Table 5).

6. 외상성 골결손 13례에 있어서 동반손상 및 골결손에 대한 과거 수술력

타부위의 골절 및 탈구가 14례, 근육 및 건 손상이 17례, 신경 및 혈관 손상이 2례 및 절단이 1례이었다(Table 6).

혈관부착 생골이식술을 시행하였던 부위의 골에 대한 과거 수술 횟수는 최하 0회에서 최고 3회 까지로 평균 1.3회이었다.

7. 수술방법 및 처치

미세수술을 이용한 골이식은 장시간의 수술시간을 요하므로 수술전 환자의 전신상태에 대한 평가가 필수적이었으며, 수술후에도 세심한 주의

Table 5. Average Length of Bone Defect Grafted Bone

Donor Sites	No. of Cases	Average Length (cm)
Fibula	23	9.8
Iliac Crest	9	5.8
Rib	1	15.0
Total	33	

Table 6. Associated Injuries

Injuries	Cases
Fx. & D/L	14
Muscle & Tendon Injury	17
Neurovascular Injury	2
Amputation	1
Total	34

를 요하였다. 기본적으로 공여부와 수혜부의 혈관상태를 알기 위해 전례에서 혈관조영술을 실시하였다. 수혜부에 대한 준비가 끝나면 공여부의 이식골에 분포하는 혈관을 동맥과 정맥의 순서대로 분리하였다. 가능하면 하나의 동맥문합에 두개의 정맥문합을 실시하였다. 동시에 골에 대한 내고정술을 실시하여 술후 외부고정기간을 줄이려고 노력하였으며 이때 사용된 내고정물은 1~2개의 나사못만을 사용한 예가 가장 많아 20례이었고 그외에 금속판과 나사못, K-강선 및 외고정장치가 각각 1례씩이었다.

혈관부착 비골을 경골에 이식한 경우 직경차이를 이용하여 내고정물의 사용없이 경골 골수강으로 비골을 끼워넣는 방법을 사용하였다. 한편 비골이식의 경우에는 4례에서 이식된 비골의 혈액공급상을 밖에서 알 수 있는 peroneal buoy flap이라는 방법^{2,3)}을 사용하였다.

수술후 처치는 이식한 부위가 긴장상태에 놓이지 않게 주의하며, 항응고제로 Persantin 100mg, Aspirin 1200mg을 하루에 2회 분복하여 1~2주 사용하고, Dextran 40을 500cc, 3~4일간 정맥주사한다. 환자에게는 금연을 시키고 3일간 침상안정을시키고 입원하고 있는 병실의 환경도 냉방기기의 사용을 금하며, 가능한한 일정한 실내온도(섭씨 22도 이상)를 유지하였다.

8. 골유합의 평가기준

방사선학적 추적 관찰시 증가하는 골진(가골)을 관찰할 수 있고 골수강의 관통이 관찰되며, 병적골절이 있어도 골절 치유 과정을 보이면서 골유합이 일어난 경우 및 이식골의 비후가 관찰되고, 이학적으로 골연결부에 압통 및 운동성이 없고, 외부고정 없이 체중부하를 할 수 있었던 경우를 골유합에 성공한 것으로 판정하였다.

전 예에서 골유합을 위한 이차수술을 시행하였거나 원인 질환의 재발증거가 있어도 마지막 추적관찰시 전술한 기준에 도달하면 골유합에 성공한 것으로 판정하였다.

9. 골유합의 평가결과

위와 같은 기준으로 평가한 결과 총 33례 중 골결손에 시행한 25례 중에서 24례(96%)가 골유합에 성공한 것으로 평가되었으며 대퇴골두 무혈성 괴사 8례 중에서 2례에서는 방사선 소견상 괴사소견이 호전되었으며 4례에서는 변화가 없었고 2례에서는 악화되었다.

이것을 원인 질환별로 살펴보면 외상성 골결손 13례 중에서 12례(92%), 골종양 6례의 경우 전례

Table 7. Bone Union Rates According to Causes of Bone Defects

Causes	Success	Fail	Total
Traumatic Bone Defects	12	1	13(92%*)
Bone Tumor	6	0	6(100%)
Congenital Pseudarthrosis	3	0	3(100%)
Bone Infection	3	0	3(100%)
Total	24	1	25(96%)

* Success Rates

Table 8. Bone Union Rates According to Recipient Sites

Recipient Sites	Success	Fail	Total
Tibia	17	1	18(94%)
Calcaneus	3	0	3(100%)
Spine	1	0	1
Humerus	1	0	1
Radius	1	0	1
Ulna	1	0	1
Total	24	1	25(96%)

(100%)에서 성공으로 평가되었다(Table 7).

수혜부에 대한 골유합의 평가를 보면 가장 많았던 경골의 경우 총 18례 중에서 17례(94%)가 성공으로 평가되었으며(Table 8), 공여부 별로 본 골유합의 평가는 가장 많았던 비골의 경우 총 23례 중에서 대퇴골두 무혈성 괴사에서 시행한 8례를 제외한 15례 전례(100%)에서, 장골능의 경우 총 9례 중에 전례(100%)가 성공으로 평가되었다(Table 9).

증례 보고

증례 1

13세 여자 환자로서 좌측 경골간부에 발생한 골원성 섬유종으로 전측 비골을 혈관부착 생골이식술하여 6년간 추시관찰이 가능하였던 환자로서 골종양의 근치는 물론 이식골의 유합 및 비후가 일어났던 환자이다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6).

증례 2

13세 남자 환자로 좌측 경골 및 우측 비골의 만성 골수염으로 우측 경골의 광범위한 골 절제술 후 동측의 생비골을 이식하여 4년간 추적 관찰한 결과 재발없이 골유합 및 골비후를 얻을 수 있었던 환자이다(Fig. 7, 8, 9).

고 찰

1960년 Jacobson과 Saurez¹³⁾가 현미경을 이용한 미세혈관 봉합을 최초로 보고한 이래 미세수술을 이용한 정형외과 영역에서의 재건술은 점차 영역이 확대되어 최근에는 사지의 재접합은 물론 혈관을 부착시킨 다양한 조직이식이 가능하게 되었

Table 9. Bone Union Rates According to Donor Sites

Donor Sites	Success	Fail	Total
* Fibular Shaft	15	0	15(100%)
Iliac Crest	8	1	9(88%)
Rib	1	0	1(100%)
Total	24	1	25 Cases

* Except 8 cases performed in AVN of the femoral head

Fig. 1. A 13-year-old female with ossifying fibroma on tibia shaft

Fig. 2. Preoperative bone scan shows hot uptake on tibia.

Fig. 3. Preoperative arteriogram of contralateral leg showing sound vessels.

Fig. 4. Intraoperative films show large bone defect (18cm).

Fig. 5. Immediately postoperative films show grafted fibula.

Fig. 7. A 13-old male with chronic osteomyelitis on tibia shaft.

Fig. 6. Six years postoperatively, sound bone union and hypertrophy were obtained.

Fig. 8. Immediately postoperative films show grafted fibula.

(Creeping Substitution)이 아니고 골절 치유와 같은 과정으로 골유합이 일어난다고 하였다.

골감염이 국소에 발생한 경우 이식부위의 조직 조건이 이식된 생골의 생존에 아무 영향을 미치지 않으며, 골유합 속도 또한 단순골절의 골유합 속도와 같다는 보고가 있다.

이와 같은 보고를 종합하여 볼 때 혈관부착 생골 이식술이 고식적 골이식(사골이식)에 비해 다음과 같은 장점이 있다고 할 수 있다^{4,5,6,8,9)}.

1) 사골이식부다 이식골의 흡수가 적고 더욱 강한 골유합을 얻을 수 있음은 물론 골유합 기간이 짧아 조기 체중부하가 가능하다.

2) 광범위한 골결손(6cm 이상)에 일차적 수술로 적용할 수 있다.

3) 혈관문합으로 국소감염이 있는 부위에 혈류량이 증가하여 감염이 있는 상태에서도 결과가 좋다.

4) 이식된 골의 피로골절이 적다.

5) 골결손 및 연부조직 결손이 함께 있는 경우 생골 및 생피부편의 복합조직 이식술로 해결할 수 있다.

6) 이식된 골의 비후가 일어난다.

저자들의 중례에서 생비골 이식의 경우 평균 골결손 길이는 9.8cm, 장골 이식의 경우 5.8cm 그리고 1례이지만 늑골의 경우 15cm이었는 바, 2례를 제외하고는 골유합을 얻을 수 있어 5cm 이상의 광범위한 골결손에 일차적 수술로서 적용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

또한 외상성 골결손 12례 중에서 7례는 수혜부에 골 및 연부조직에 국소감염이 동반되어 있었으나 6례에서 골유합을 얻을 수 있었고, 경골에 발생한 만성골수염 2례 및 결핵성 척추염 1례에서도 골유합을 얻을 수 있어 생골이식이 국소감염이 있어도 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 외상성 골결손이 단지 골결손만 있는 경우보다는 복합손상의 만기효과로 골결손은 물론 골감염에 주위 연부조직 결손이 같이 동반되는 경우가 많은데 저자들의 경우에도 4례에서 이와 같은 복합손상이 있었으나 혈관부착 장골 및 수혜 피부편을 동시에 이용한 복합조직 이식술을 시행하여 전례에서 골유합은 물론 연부조

Fig. 9. Four years postoperatively sound bone union and hypertrophy were obtained.

다.

1974년 Ostrup과 Fredrickson¹⁶⁾은 동물실험에서 혈관부착 늑골 이식술을 하악골에 시행하여 가골 형성이 조기에 관찰되고 골유합율이 높았다는 결과를 보고하였으며, 1975년 Taylor 등은 혈관부착 비골이식술을 최초로 임상에 시도하여 수술후 10개월에 임상적 및 방사선적 골유합 소견을 관찰하고 12개월 후부터는 골비후를 관찰할 수 있었다고 보고하였다.

1978년 O'Brien 등¹⁵⁾은 동물실험에서 혈관부착 생골이식군이 대조군보다 골유합 기간이 짧고 이식골의 흡수가 적으며 감염에 대한 저항력이 높다고 하였으며, 1979년 Puckett와 Hurvitz¹⁷⁾는 동물실험에서 혈관부착 생골 이식군에서 80% 이상의 골유합율을 관찰하였다고 보고하면서 이식된 골이 정상골의 90%의 Stress Tolerance를 보였다고 보고하였다.

1981년 Weiland²⁰⁾는 혈관부착 생골 이식은 고식적 골이식(사골이식)에서 볼 수 있는 이식된 골이 폐사되고 다시 신생골로 대치되는 잠행성 치환

직 감염 및 골감염까지도 치유됨을 경험하였다. 이와 같은 사실은 대부분의 외상성 광범위 골결손이 수상 당시부터 개방성 분쇄골절이 있어 골결손, 연부조직 결손 및 감염이 예상되는 현실을 감안할 때 정형외과 의사가 고식적 골이식술과 혈관부착 생골이식의 비교선택시 염두에 두어야 한다고 본다.

생골이식술의 가장 큰 장점중의 하나는 이식골의 비후가 일어난다는 것이다. 저자들에 따라 비후된 정도를 방사선 사진에서 가골의 양이나 이식골의 직경을 측정하여 정량적으로 보고한 논문¹⁾이 있으나 저자들은 추적관찰 사진이 항상 동일한 조건과 동일한 방향에서 촬영되었다는 증거가 없어 정량적 측정은 시행하지 않았으나 다만 골유합을 이루었던 31례 중에서 최소한 이식골의 직경이 축소된 데는 발견되지 않았으며 대부분의 데에서 이식골 직경의 증가를 관찰할 수 있었다.

결 론

사지의 광범위한 외상, 골감염 및 골종양 등의 치료과정에서 발생되는 광범위한 골결손의 재건을 위하여 고식적인 골이식 방법을 이용하면 이식골의 흡수나 불유합 등으로 결과가 불만족스러웠으나, 최근에는 혈관부착 생골을 골결손 부위로 이식하여 이러한 고식적 골이식의 문제점이 많이 극복되었다. 저자들은 1982년 1월부터 1989년 12월까지 광범위한 골결손을 동반한 사지재건을 위하여 총 33례의 혈관부착 생골이식술을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

1) 연령분포는 최하 4세에서 최고 63세이었고, 평균연령은 27.3세이었고, 남여의 비는 27:6으로 남자가 많았다.

2) 수술 수혜부의 원인 질환으로는 외상에 의한 것이 13례(39%)로서 가장 많았고 대퇴골두 무혈성 괴사증이 8례(24%), 골종양이 6례(18%), 선천성 가관절증이 3례(9%), 골감염이 3례(9%) 이었다.

3) 골결손의 해부학적 분포는 경골간부가 18례(54%)로서 가장 많았고, 대퇴골두가 8례(24%),

종골부위가 3례(9%), 그리고 상완골, 요골 및 척골이 각각 1례 이었다.

4) 이식골의 공여부의 해부학적 분포는 비골이 23례(69%)로 가장 많았고, 장골등이 10례(30%), 늑골이 1례(1%)이었다.

5) 이식골의 평균길이는 비골이식(23례)의 경우 9.8cm 이었고 장골이식(9례)의 경우 5.8cm이었다.

6) 이학적 소견 및 방사선 사진의 추시관찰 결과, 만족할 만한 사지기능의 회복과 이식골의 유합은 골결손에 시행한 25례 중에서 24례(96%)에서 관찰할 수 있으며, 특히 18례의 경골간부 골결손에 대한 이식골의 유합은 17례에서 관찰할 수 있었고, 초기의 대퇴골두 무혈성 괴사에서 시행한 생비골 이식술 8례 중에서는 방사선 소견상 괴사 소견이 호전되었고 4례에서는 변화가 없었으며, 2례에서는 악화되었다.

7) 혈관부착 생골 이식술은 광범위한 골결손 및 초기 대퇴골두 무혈성 괴사증에 대한 유용한 치료방법의 하나로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 유명철, 김봉건, 배상욱, 오동철 : 혈관 부착 생비골을 이용한 장관골 결손의 재건. 대한정형외과학회지, 21: 313-322, 1986.
- 2) 유명철, 정덕환, 한정수, 김경훈, 안재성 : 생비골 이식시 Buoy Flap의 해부학적 구조. 대한정형외과학회지, 22: 1157-1165, 1987.
- 3) 유명철, 정덕환, 한정수, 신문호, 조윤제 : Peroneal Buoy Flap의 해부학적 구조에 대한 연구. 대한정형외과학회지, 24: 565-570, 1989.
- 4) 이광석, 박근순, 김광희 : 생비골 및 생피부편이식의 임상적 고찰. 대한정형외과학회지, 22: 296-303, 1987.
- 5) 이광석, 정현기, 이경원 : 생비골 및 피부편이식. 대한정형외과학회지, 24: 77-84, 1989.
- 6) 이한구, 정문상, 빙성일, 서병호, 이종서 : 혈관부착 생골 이식술을 이용한 골종양의 치료. 대한정형외과학회지, 22: 493-504, 1987.
- 7) 한수봉 : 골성장판을 포함한 혈관부착 생골이식. 대한정형외과학회지, 19: 751-756, 1984.
- 8) 한수봉, 박병문, 신성일 : 혈관부착 생골이식술에

- 의한 하지의 재건. 대한정형외과학회지, 22 : 872—878, 1987.
- 9) 한수봉, 전창훈 : 미세수술을 이용한 하지 재건술. 대한정형외과학회지, 26 : 554—561, 1991.
- 10) Enneking, W.F., Eady, J.L. and Burchardt, H. : *Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects*. J. of Bone and Joint Surg., 62-A : 1039, 1980.
- 11) Hahn Soo Bong : *Bone Growth after Free Vascularized Grafting of the Upper Radius Including its Epiphysis in Puppies*. Yonsei Medical Journal, 27 : 283—291, 1986.
- 12) Haung, G.K., Liu, Z.Z., Shen, Y.L., Hu, R.Q., Miao, H. and Yin, Z.Y. : *Microvascular free transfer of iliac bone based on the deep circumflex iliac vessels*. Journal of Microsurgery, 2 : 113—120, 1980.
- 13) Jacobson, J.H. and Suarez, E.L. : *Microsurgery in anastomosis of small vessels*. Surgical Forum., 11 : 243—345, 1960.
- 14) McCullough, D.W. and Fredrickson, J.M. : *Neurovascularized rib graft to reconstruct mandibular defect*. Can. J. Otolaryngol., 2 : 96, 1973.
- 15) O'Brien, B. McC. et al. : *The microsurgical revascularization of resected segments of tibia in the dog*. J. of Bone and Joint Surg., 60-B : 100—140, 1941.
- 16) Ostrup, L.T. and Fredrickson, J.M. : *Distant transfer of a free living bone graft by microvascular anastomosis*. Plast. Reconstr. Surg., 54 : 274, 1974.
- 17) Puckett, C.L., Hurvitz, J.S., Metzler, M.H. and Silver, D. : *Bone Formation by Revascular Periosteal and Bone Grafts. Compared with Traditional Bone Grafts*. Plast. and Reconstr. Surg., 64 : 365—371, 1979.
- 18) Straub, G.F. : *Anatomical Survival, Growth and Physiological Function of an Epiphyseal Bone Transplant*. Surg., Gynec. and Obstet., 48 : 687—690, 1929.
- 19) Taylor, G.I., Miller, G.D.H. and Ham, F.J. : *The Free Vascularized Bone Graft. Plastr. And Reconstr. Surg.*, 55 : 533—544, 1975.
- 20) Weiland, A.J. : Current Concepts Review. Vascularized Free Bone and Transplants. J. of Bone and Joint Surg., 63-A : 166—169, 1981.
- 21) Wilson, J.N. and Daniel, R.K. : *Microvascular anastomosis for bone graft in the treatment of massive bone defects in bone*. J. of Bone and Joint Surg., 61-A : 98, 1979.
- 22) Wilson, J.N. : *Epiphyseal Transplantation. A Clinical Study*. J. of Bone and Joint Surg., 48-A : 245—256, 1966.