

재생 자가골과 생비골 이식술을 이용한 종양절제 후 골 결손의 재건

가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실, 임상병리학교실*, 진단방사선과학교실**

정양국 · 강용구 · 박원종 · 이승구 · 이안희* · 박정미** · 박보연

목적: 종양절제 후 남은 골 결손을 재생 자가골과 생비골 이식술을 이용하여 치료하고 그 임상적 결과를 분석하였다.

대상 및 방법: 1997년 이후 종양 절제 후 남은 골 결손을 재생 자가골과 생비골 이식술을 이용하여 재건하고 1년 이상 추시가 가능하였던 10례를 대상으로 골 유합 시기, 기능적 결과 및 합병증 등 임상적 결과를 분석하고 관련인자에 따른 차이를 알아보았다.

결과: 재생골-숙주골 접합부 총 20부위 중 13부위(65%)에서 일차수술 후 골 유합을 얻었으며 골 유합까지의 기간은 골간단부는 평균 3.7개월, 골간부는 평균 8개월 이었다($P<0.05$). 골간부에서 나이가 20세 미만인 군과 생비골을 골수강내 이식한 군에서 골 유합까지의 기간이 짧았다($P<0.05$). 기능적 결과는 평균 81%였다. 합병증으로 불유합이 3부위, 지연유합이 4부위에서 있었으며 2예에서 재생 자가골의 심한 흡수와 함께 이식골의 골질이 발생하였다.

결론: 우수한 결과를 얻기 위해서는 이식된 비골의 혈행을 유지할 수 있는 정확한 술기와 견고한 내고정, 접합부를 가로지르는 이식 생비골의 충분한 길이, 골 유합 또는 이식 생비골의 비후가 일어나기까지의 적절한 보호가 필요하다.

색인 단어: 골 결손, 재생 자가골, 생비골 이식술, 골 유합, 기능적 결과, 합병증

서 론

영상 진단 기법과 항암 화학요법 및 수술적 술기의 발달로 사지 구제술은 골 연부조직 육종의 치료에 있어서 주된 수술 방법으로 받아들여진다. 골 종양이나 골 침범을 동반한 연부조직 종양의 절제 후 남은 광범위한 골 결손의 재건은 사지기능 회복에 필수적인데 종양대치 인공구조물(tumor prosthesis)을 이용

한 재건술²⁾, 동종골이나 동종골-종양대치물 복합체를 이용한 재건술^{6,7,16,19)}, 비골 등의 자가골 이식술²³⁾, 신 연 골형성술²²⁾ 등 여러가지 다양한 방법들이 사용되고 있으며 각각의 방법들은 장단점을 가지고 있다. 재생 자가골을 이용한 골 재건은 종양에 의한 골 파괴가 심하지 않을 때 절제된 골에서 종양병변과 불필요한 연부조직 등을 제거한 후 남아있는 종양세포를 사멸시킬 수 있는 방법으로 처리하여 원래부위에 재

※통신저자: 강 용 구

경기도 수원시 팔달구 지동 93-6

가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 정형외과

Tel: 031) 249-7114, Fax: 031) 254-8228, E-mail: ykang@cmcnu.ac.kr

사용하는 것으로 기본적인 생물학적 특성은 동종골과 유사하나 크기와 형태가 원래대로이고, 추가적인 비용부담이 없으며 동종골에서의 질환전과 위험이나 면역 거부반응의 가능성이 없는 장점이 있다^{9,15)}. 그러나 재생 자가골만을 사용할 경우 여전히 혈행이 없는 피사골로서 숙주골과의 접합부위의 골유합이 지연되거나 불유합이 발생할 수 있으며 재사용골의 지연성 골절이나 감염증 발생의 가능성이 크다. 재생 자가골과 함께 혈행이 유지되는 자가 생비골 이식술을 병행함으로써 골유합을 촉진하고, 지연유합이나 불유합, 감염증, 지연성 골절 등의 합병증을 줄일 수 있다.

저자들은 악성 골 종양이나 골 침범을 동반한 연부 조직 종양 및 분절절제를 필요로 하는 국소침습적 골 종양환자에서 종양절제 후 남은 골 결손을 재생 자가골과 생비골 이식술을 이용하여 치료하고 그 임상적 결과를 분석하였다.

연구 대상 및 방법

1997년10월 이후 골 종양이나 골 침범이 있는 연부 조직 종양에서 골 절제 후 남은 골 결손을 재생 자가골과 생비골 이식술을 이용하여 재건하고 1년 이상 추시가 가능하였던 10례를 대상으로 하였다. 남자가 3예, 여자가 7예였고 처음 내원시의 나이는 4~5세로 평균 30세였다. 원인이 되는 종양으로는 골육종이 4예, 연골육종과 골 침범이 있는 악성 섬유성 조직구종이 각각 2예씩 이었으며 Ewing 육종과 화골성 섬유종이 1예씩 이었다. 침범부위는 근위 상완골과 원위 대퇴골이 각각 3예, 상완골 간부, 근위 대퇴골, 대퇴골 간부 및 근위 경골이 각각 1예씩 이었다.

광범위 절제술로 떼어낸 골에서 종양 조직을 소파하고 불필요한 연부조직을 제거한 후 남아있는 종양 세포를 박멸하기 위하여 고온고압 열처리(autoclaving)나 저온 열처리(pasteurization)를 시행 후 원래 위치에 재사용 하였다. 초기 5예에서는 남아있는 종양세포를 보다 확실하게 사멸시킬 수 있는 방법인 고온고압 열처리 방법(125°C, 10분)을 사용하였으나^{11,12)} 나머지 5예에서는 역학적 강도와 골형성 단백질 보존 등에서 잇점이 있는 저온 열처리 방법(65°C, 30분)을 사용하였다^{9,20,21)}. 무혈성 재생 자가골의 생물학적 취약성을 보완하기 위하여 생비골 이식술을 병행하였는데 생비골은 길이가 충분할 경우 절제한 골

의 길이보다 최소 4 cm 이상의 길이로 채취하여 재생 자가골-숙주골 경계부에서 2 cm 이상 숙주골과 접할 수 있도록 위치시키고자 하였으며 채취된 생비골의 길이는 12~23 cm로 평균 16.5 cm였다. 생비골을 재생 자가골의 골수강내에 위치(6예)시키거나 onlay 형태로 측면에 부착(4예)시키고 금속판이나 금속나사 또는 K-강선을 이용하여 내고정 하였다. 수술 후 부위에 따라 6~8주간 석고고정 등으로 보호한 후 관절운동을 시작하였으며 추시 방사선상 골 유합 진행조건이 보이면 일상 활동을 허용하였다. 하지에서는 점진적으로 체중부하 보행을 허용하였으나 근위 및 원위 접합부의 골유합이 이루어지기 전까지는 전 체중부하 보행을 금하였다. 수술 후 골 유합까지 2~3개월 간격으로 단순 방사선사진을 촬영하여 방사선학적인 골 유합 여부를 평가하였으며 골 유합 후에는 6개월 간격으로 추시하였다. 수술 후 10~12개월 에도 골 유합 진행 조건이 보이지 않을 때 불유합, 가골형성은 보이나 아직 뚜렷한 경계선이 남아있는 경우를 지연유합으로 정의하였다. 추시기간은 평균 59개월(12~118개월) 이었고, 골 유합 외에 최종 추시시 종양학적 결과와 기능적 결과 및 합병증 등에 대하여 평가하였으며 환자의 연령(20세 미만/20세 이상), 자가골 재생 방법(고온고압열처리/저온 열처리) 생비골의 길이나 위치 등 관련인자에 따른 골 유합 시기를 비교하였다. 통계학적인 분석에는 골간단부와 골간부의 차이는 Student paired t-test로 다른 인자들에 의한 차이는 Fishers exact test를 이용하였다. 사지의 기능적 결과는 1993년에 국제사지보존회의(International Symposium On Limb Salvage: ISOLS)에서 수정 보완한 방법⁴⁾을 이용하여 평가하였다.

결 과

재생골-숙주골 접합부는 10예에서 각각 2부위씩 총 20부위로 골단-골간단부가 8부위, 골간부가 12부위였으며 일차수술 후 20부위 중 13부위(65%)에서 골 유합을 얻었으나 7부위에서는 지연유합 또는 불유합을 보였다. 골단-골간단부의 8부위 중 6부위(75%)에서 평균 3.7(3~4개월)개월에 골 유합을 얻을 수 있었으며 골간부에서는 12부위 중 7부위(58%)에서 평균 8개월(4~13개월)에 골 유합을 얻었다(Table 1).

Table 1. Details of 10 patients treated with recycled autogenous bone and vascularized fibular graft

Case No	Sex	Age	Dx	Site	Processing of VFG	Length of VFG (cm)	Type of VFG	Chemo-therapy	Follow-up (mo)	Union time (mo)			Complication	Oncological result	Functional result (%)
										Metaphysis	Diaphysis	Distal			
1	F	39	Parosteal osteosarcoma	DF	Autoclaving	21	IM	No	118	3	Delayed union		Metallic failure	CDF	93
2	F	31	Chondrosarcoma	PH	Autoclaving	13	IM	No	82	4	8		Resorption, Fx	CDF	57
3	F	55	Osteosarcoma	PF	Autoclaving	18	Onlay	Yes	53	4	9			CDF	80
4	F	10	Osteosarcoma	DF	Autoclaving	18	IM	Yes	63	4	6		Local recurrence	DOD	80
5	F	47	Chondrosarcoma	PH	Pasteurization	16	Onlay	No	42	4	Delayed union		Metallic failure	CDF	80
6	M	4	Ewing's sarcoma	PH	Pasteurization	12	IM	Yes	63	Delayed union	4		Fx, resorption	CDF	83
7	F	13	Osteosarcoma	DF	Autoclaving	23	IM	Yes	64	Delayed union	Nonunion		Loosening of fixation	DOD	77
8	M	33	MFH	FS	Pasteurization	20	Onlay	Yes	12	NA	10/nonunion			DWOD	
9	F	55	MFH	HS	Pasteurization	12	Onlay	Yes	41	NA	13/local recurrence		Local recurrence	NED	Amputation
10	M	13	Osteofibrous dysplasia	PT	Pasteurization	12	IM	No	52	3	6			CDF	100

* VFG: vascularized fibular graft, DF: distal femur, PH: proximal humerus, PF: proximal femur, FS: femoral shaft, HS: humeral shaft, PT: proximal tibia, IM: intramedullary, NA: not applied, Fx: fracture, CDF: continuous disease free, NED: no evidence of disease, DOD: died of disease, DWOD: died with other disease

지연유합 또는 불유합을 보인 7부위 중 5부위에서 부가적인 견고한 내고정술과 골 이식술로 골 유합을 얻었으나(Fig. 1) 1예에서는 최종 추시시에도 유합이 이루어지지 않았으며, 다른 1예에서는 종양의 국소재발로 인한 골 파괴로 골 유합을 얻지 못하였다. 골단-골간단부와 골간부에서의 골 유합까지의 기간은 각각 3.7개월과 8개월로 골간부에 비하여 망상골이 풍부한 골단-골간단부에서 빠른 골 유합을 보였다($p=0.012$). 골단-골간단부에서는 관련인자에 따른 골 유합 시기의 차이가 없었으며 골간부에서는 나이가 20세 이상인 군과 생비골을 측면에 onlay 이식한 군의 10개월과 10.7개월에 비하여 20세 미만인 군과 골수강내 이식한 군에서 각각 5.3개월과 6개월로 골 유합까지의 기간이 짧았다($p<0.05$). 항암 화학요법 시행군의 8.4개월에 비하여 항암 화학요법을 시행하지 않은 군에서 7개월로 골 유합까지의 기간이 짧은 경향을 보였으나 통계학적인 차이는 없었다. 재생 자가골의 처리방법이나 이식 생비골의 길이에 따른 차이는 없었다(Table 2).

일차수술 후 종양절재나 재건술과 관련된 감염증의 발생은 없었다. 추시기간 중 2예에서 국소 재발이 있었으며 이들 중 1예는 절단술로 치료하였고 폐전이를 동반했던 다른 1예는 최초수술 후 63개월에 사망하였다. 폐전이가 있었던 다른 1예도 술 후 64개월에 사망하여 종양학적 결과는 지속적 무병생존이 6예, 무병생존이 1예, 종양으로 인한 사망이 2예였으며 항암 화학요법관련 합병증으로 인한 사망이 1예였다.

재생 자가골과 생비골 이식술을 이용한 재건술 후,

3년 이상 추시되고 사지보존이 가능했던 8예의 기능적 결과는 정상 기능의 81%(평균 범위 57~100%)이었다. 환자의 나이나 재생 자가골의 처리방법, 생비골 이식부위 또는 생비골의 길이와 최종 추시시의 기능적 결과와의 유의한 상관관계는 없었다.

합병증으로 불유합이 3부위, 지연유합이 3부위에서 있었으며 재생 자가골의 심한 흡수와 함께 이식골의 골절을 보인 2예를 포함 3예에서 이식골의 골절이 발생하였다. 골단-골간단부의 지연유합 2부위는 최초의 내고정이 불충분 하였으며(Fig. 2) 골간부의 불유합 2부위와 지연유합 2부위에서는 이식 생비골이 접합부를 충분히 가로지르지 못하였다(Fig. 3). 특히 일반적으로 빠른 골 유합이 일어나는 골간단부의 지연유합을 보인 2예 모두에서 초기고정이 K-강선을 이용한 고정으로 고정력이 불충분하였으며 추가적인 금속판을 이용한 견고한 내고정과 자가 장골 이식술 후 골유합이 이루어 졌다. 다른 불유합 1부위는 국소재발된 종양에 의한 골 파괴로 골 유합을 얻을 수 없었다. 재생 자가골의 골용해와 함께 이식 생비골을 포함한 골절이 발생하였던 2예 중 1예는 금속판을 이용한 내고정과 자가 장골 이식술을 통해 골 유합을 얻었으나 다른 1예에서는 재고정과 동골 망상골 이식에도 최종 추시시까지 골 유합이 이루어지지 않았다.

고 찰

사지골의 골 종양이나 골 침범을 동반한 연부조직 종양의 절제후 남은 광범위한 골 결손의 재건 방법

Table 2. Bone union time and functional scores according to the various factors

Factors	Group	Union time at meta. junction (month) & P-value		Union time at dia. junction (month) & P-value		Functional score (%) & P-value	
		Union time (month)	P-value	Union time (month)	P-value	Functional score (%)	P-value
Age	<20 years old	3.5	0.600	5.3	0.042	85	0.057
	≥20 years old	3.8		10		78	
Processing method	Autoclaving	3.8	0.600	7.7	0.799	77	0.054
	Pasteurization	3.5		8.3		88	
Chemo therapy	Yes	4	0.400	8.4	0.577	80	0.086
	No	3.5		7		83	
Length of VFG	18 cm ≥	3.7	1.000	8.3	0.799	83	0.086
	18 cm <	3.7		7.8		80	
Location of VFG	Intramedullary	3.5	0.400	6	0.042	82	0.143
	Onlay	4		10.7		80	

* VFG: vascularized fibular graft

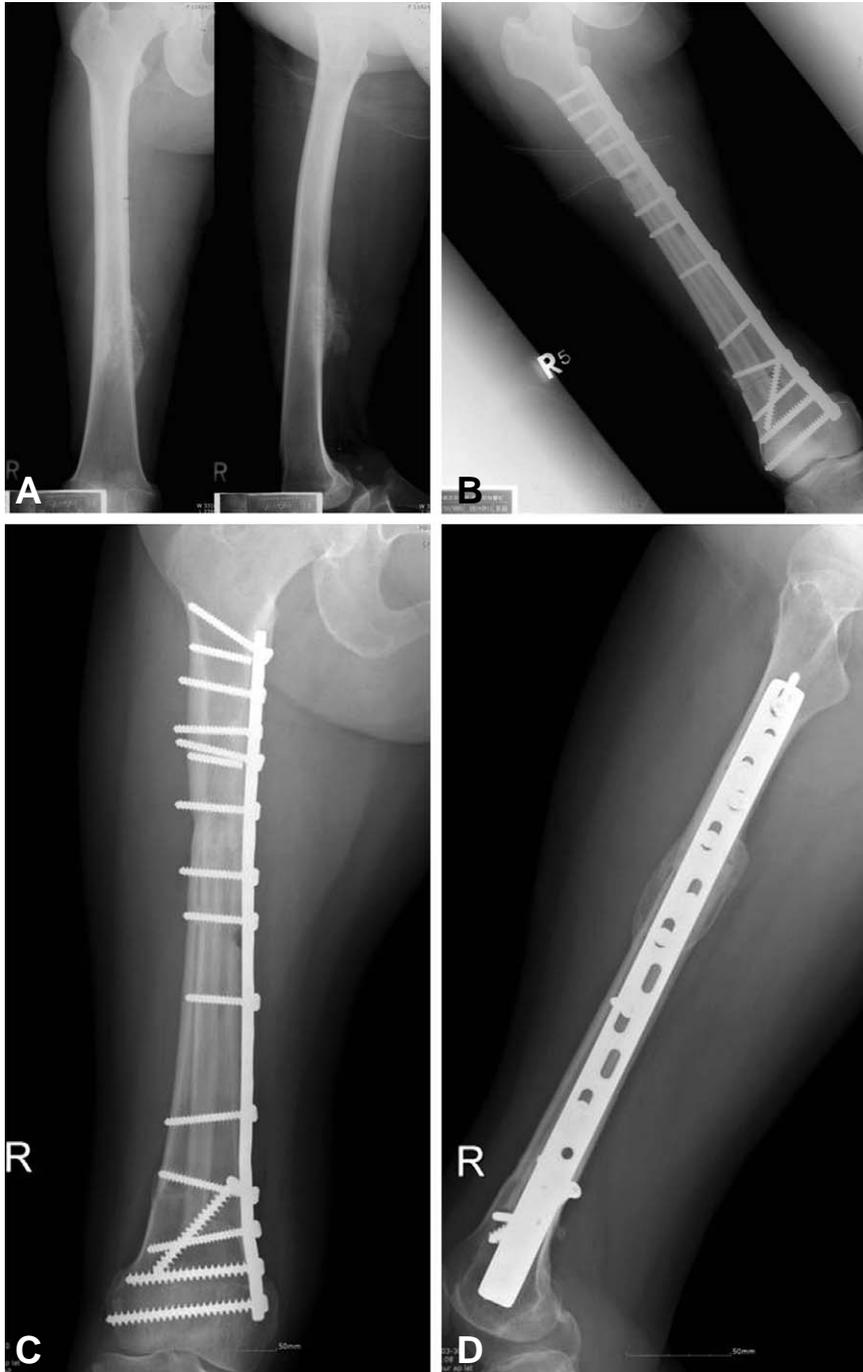


Fig. 1. Case No 1: A 39-year-old female patient with parosteal osteosarcoma at the right distal femur (A) was managed with wide segmental resection and reconstruction with autoclaved recycled autograft augmented with intramedullary vascularized fibular graft (B). The metaphyseal junction showed bony union three months after operation. However, the union at the diaphyseal junction was obtained only after revisional fixation and autogenous iliac bone graft (C, D).

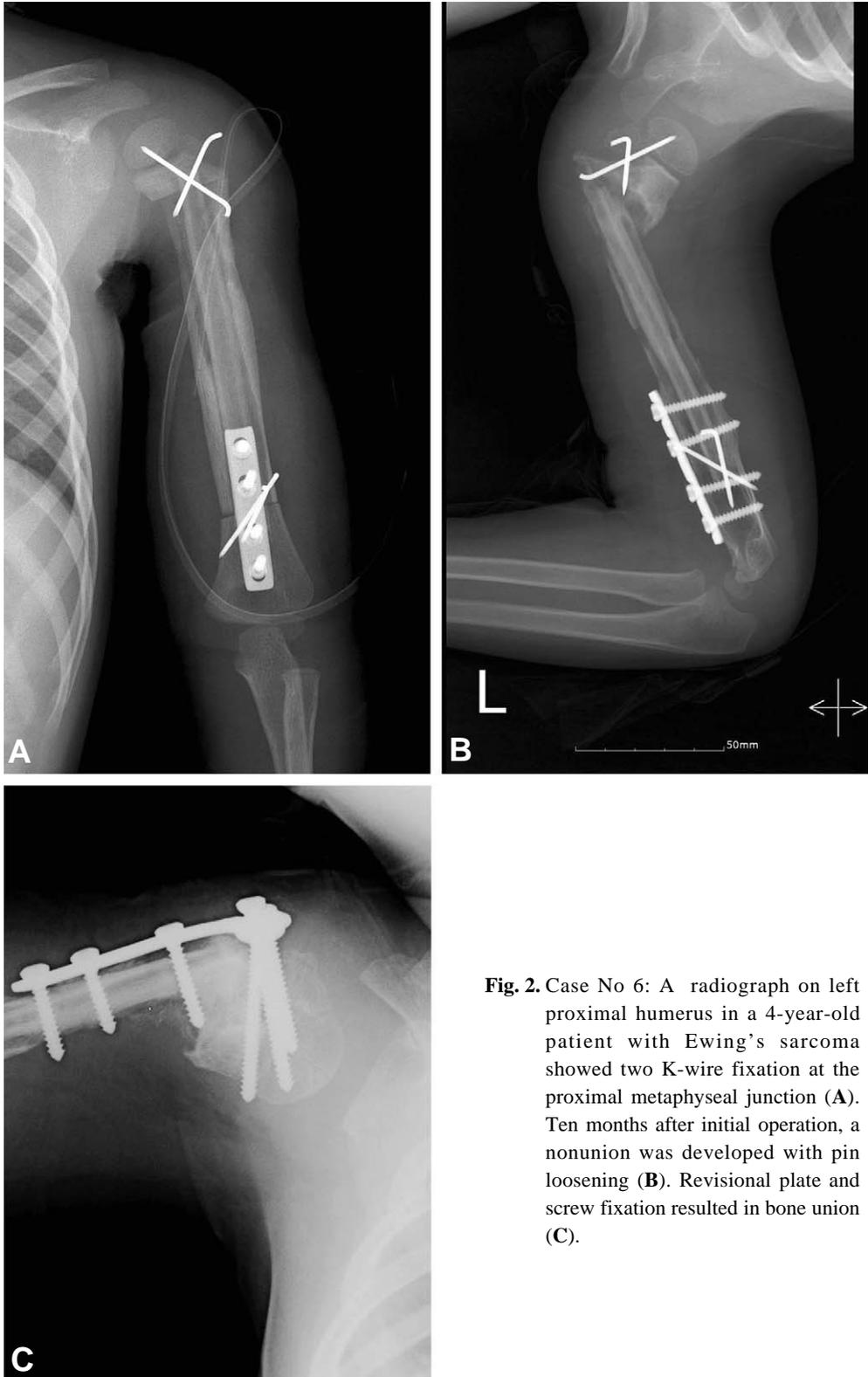


Fig. 2. Case No 6: A radiograph on left proximal humerus in a 4-year-old patient with Ewing's sarcoma showed two K-wire fixation at the proximal metaphyseal junction (A). Ten months after initial operation, a nonunion was developed with pin loosening (B). Revisional plate and screw fixation resulted in bone union (C).



Fig. 3. Case No 5: A 50-year-old female patient with chondrosarcoma at the left proximal humerus (A). The pasteurized recycled bone was augmented with a onlay vascularized fibular graft. However, the distal end of VFG did not cross the host-recycled bone junction (B). At POD 6 months, a metallic breakage was developed (C), which was managed with revisional plate and screw fixation combined with autogenous iliac bone graft. Diaphyseal bone union was achieved 6 months after the reoperation. Radiopgaphs taken 2 years and 4 months after the reoperation showed solid bone union (D, E). The functional score by revised ISOLS criteria was 80%.

중, 재생 자가골을 이용한 재건은 기본적으로는 동종골을 이용한 재건에서와 유사한 생물학적 특성을 가지나 크기와 형태가 원래대로이고, 추가적인 비용 부담이 없으며 동종골에서 나타날 수 있는 질환전과 위험이나 면역거부 반응의 가능성이 없는 장점이 있다. 그러나 재생 자가골만을 사용할 경우 여전이 혈행이 없는 피사골로서 숙주골과의 접합부위의 골 유합이 지연되거나 불유합이 발생할 수 있으며 재생골의 골절이나 감염증 발생의 가능성이 크다. 생비골 이식술은 사지 장골의 골 결손 재건에 사용될 때 혈행이 없는 동종골이나 재생 자가골에 비하여 빠른 골 유합을 보이며 감염에 대한 저항성이 크고 특히 소아에서는 시간이 경과함에 따라 비후가 진행되어 2~3년 후에는 정상에 가까운 기능을 나타낸다. 그러나 생비골 공여부의 이환 가능성이 있으며 이식골의 굽기가 경골이나 대퇴골, 상완골에 비하여 현저히 가늘어 비후가 일어나기까지 장기간의 보호가 필요한 단점이 있다.^{5,8)}

저자들은 비교적 골질이 유지되고 있는 종양절제부의 자가골을 재생하여 이식함으로써 생물학적 재건의 장점을 살리면서 동종골 사용시의 추가비용이나, 질환 전파의 위험, 면역 거부반응을 피하고 동시에 생비골 이식을 병행하여 초기 고정력을 증가시키고 국소의 혈행을 개선시켜 골 유합까지의 기간을 단축하며, 감염에 대한 저항성을 증가시킬 뿐만아니라 지연성 피로골절을 예방하고자 하였다.

불충분한 고정이나 종양의 국소재발 등 골 유합을 저해하는 국소요인이 없었던 부위의 골 유합까지 소요기간은 골단부에서 3.7개월로 동종골이나 재생 자가골만을 이식한 경우^{1,10,13)}의 6.5~9.5개월보다 짧아 병행한 생비골 이식이 골 유합 기간을 단축시킨 것으로 판단되었다. 골간부의 골 유합 또한 골단-골간단부에 비하여 지연되어 12부위 중 7부위에서 평균 술 후 8개월에 골 유합을 보였으나 역시 동종골이나 재생 자가골만을 이식한 다른 연구자들의 경우의 11.1~16개월^{1,10,13,14)}보다 빨라 병행한 생비골 이식술이 골 유합 기간을 단축시킨 것으로 보인다. 저자들의 이러한 골 유합 기간은 동종골이나 재사용 자가골과 생비골 이식술을 병행한 다른 연구들에서의 골유합 기간(6~10개월)^{3,17,18)}과 동일하거나 우수한 결과였다.

증례수가 많지 않아 관련 인자들에 따른 골 유합

시기에 대한 비교는 제한이 있으나, 일반적으로 피질골로 구성된 골간부에 비하여 망상골이 풍부한 골간부 또는 골간단부에서는 조기에 골 유합이 이루어질 것으로 예상되며 저자들의 증례에서도 총 8부위 중 6부위에서 수술 후 평균 3.7개월에 골 유합을 보여 골간부의 8개월에 비하여 빠른 골 유합을 보였다(p<0.05). 상완골 근위부에 K-강선을 이용한 고정 후, 술 후 1년에 고정의 소실과 함께 불유합을 보인 1예와, 원위 대퇴부 K-강선 고정술 3개월 후에 고정의 조기소실이 있어 금속판을 이용한 재고정 후 골 유합을 얻었던 지연유합 1예에서는 불충분한 내고정이 골 유합 지연이나 실패의 원인으로 생각되었다. 그러므로 재생 자가골과 생비골 이식을 통해 빠른 골 유합을 얻기 위해서는 견고한 내고정이 필요하며 이는 특히 골질의 강도가 약하여 고정의 소실이 오기 쉬운 골단-골간단부에서 중요한 것으로 생각된다.

불유합 또는 지연유합의 원인과 관련하여 불유합 또는 지연유합을 보인 5예 중 4예에서는 이식된 생비골이 짧아 자가골-재생골 접합부를 충분히 건너가지 못하여 초기 고정력 및 접합부의 골형성에 생비골이 기여하지 못한 것으로 판단되었다. 다른 1예에서는 종양의 국소재발에 의한 골파괴로 골 유합을 얻을 수 없었다. 다만 접합부의 골 유합이 지연되면서 내고정물의 파손이 있었던 2예에서 재고정 및 자가골 이식술 시행 후 각각 4개월과 7개월에 골 유합을 얻을 수 있었으며 수술 후 59개월에 불유합 부위에서 금속나사 2개의 파손과 함께 전방굴곡 변형이 발생하였던 1예에서 재고정술 및 자가 장골 이식술 후 5개월 후 폐전이로 사망하기 전까지 골 유합이 진행되는 소견을 보여 유합의 지연이나 불유합 소견을 보일 때는 가능한 한 조기에 견고한 내고정과 함께 골 이식술을 시행하는 것이 골 유합을 얻는데 도움이 될 것으로 보인다.

골 유합 기간에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들이 있는바 재생 자가골-숙주골 접합부의 위치에 따른 차이를 보였는데 주로 피질골로만 이루어진 골간부에 비하여 상대적으로 망상골이 풍부한 골간단부에 위치할 때 빠른 골 유합(3.7개월/8개월, p=0.012)이 이루어져 접촉부의 위치나, 국소혈행 등 국소적인 요인들이 골 유합에 영향을 미치는 것으로 보였다.

저자들은 환자의 나이, 항암화학요법 병행 유무, 재생 자가골의 처리방법, 생비골의 길이와 위치에 따른

골 유합 기간의 차이가 있는지를 평가하고 Fisher's Exat test를 이용하여 분석하였는데 골간부에서는 인자에 따른 차이가 없었으나 골간단부에서는 20세 이하군과, 생비골을 골수강내에 위치시킨 군에서 20세 이상인 군이나 생비골을 측면에 부착시킨 군에 비하여 빠른 골 유합을 보였다. 연령이 어릴수록 골유합의 생물학적 과정이 활발하게 일어나고 생비골을 골수강 내에 위치시킬 때 상대적으로 접촉면적이 넓어 빠른 골 유합이 이루어진 것으로 보인다. 다른 요인들에서는 통계학적으로 유의한 차이에 도달하지 못하였다.

골연부 조직 육종에서 절제된 자가골을 재사용하기 위해 절제골에 남아 있는 종양 세포를 박멸하기 위한 처리 방법으로는 재사용 이식골 내 모든 종양세포의 박멸하면서 재생처리(recycling processing)로 인한 재생골의 생물학적 기능 약화를 최소화하는 방법이 바람직한데 저자들은 초기에는 종양세포의 사멸을 확실하게 얻기 위하여 고온고압 열처리 방법¹²⁾을 사용하였으나 일부 증례의 재수술시 취약한 골질이 확인되어 골질과 일부 골형성단백 등 활성 인자의 보존에서 잇점이 있을 것으로 생각되는 저온 열처리 방법으로 전환하였다¹⁵⁾. 저자들의 증례 중 고온고압 열처리 후 재사용골 골수강내 생비골 이식술을 병행했던 1예에서 국소재발이 발생하여 분절절제 후 동종골을 이용하여 재건한 바 비록 재생처리에도 재사용골 내부의 종양세포가 살아남아 재발한 것인지 수술과정 중 재생 자가골이나 생비골에 종양세포의 오염이 있어 재발한 것인지는 명확하지 않으나 재생처리 방법의 선택이나 처리과정 수행시 종양세포의 생존으로 인한 국소재발의 가능성에 대한 주의가 요망된다 하겠다.

결 론

재생 자가골과 생비골 이식술을 이용한 종양절제 후 골결손의 재건은 정확한 수기로 시행될 경우 초기 고정력의 증가와 자가골-재생골 간의 빠른 골 유합을 얻고 지연성 골결을 예방할 수 있는 우수한 방법으로 생각된다.

REFERENCES

1) Aranguren MS, Leyes M, Mora G, Canadell J:

Consolidation of massive allografts in limb-preserving operations for bone tumors. *Int Orthop*, 19; 377-382, 1995.

2) Capanna R, Morris HG, Campanacci D, Del Ben M, Campanacci M: Modular uncemented prosthetic reconstruction after resection of tumors of the distal femur. *J Bone Joint Surg*, 76-B: 178-186, 1994.

3) Chang DW, Weber KL: Use of a vascularized fibular bone flap and intercalary allograft for diaphyseal reconstruction after resection of primary extremity bone sarcomas. *Plast Reconstr Surg*, 116: 1918-1925, 2005.

4) Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawar M, Prichard DJ: A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res*, 286: 241-246, 1993.

5) Falder S, Sinclir JS, Rogers CA, Townsend PLG: Long-term behavior of the free vascularized fibular following reconstruction of large bony defects, *British Ass Plast Surgeons*, 56: 571-584, 2003.

6) Gebhardt MC, Flugsted DI, Springfield DS, Mankin HJ: The use of bone allografts for limb salvage in high-grade extremity osteosarcoma. *Clin Orthop Relat Res*, 270: 181-196, 1991.

7) Gitelis S, Piasecki P: Allograft prosthetic composite arthroplasty for osteosarcoma and other aggressive bone tumors. *Clin Orthop Relat Res*, 270: 197-201, 1991.

8) Ihara K, Doi K, Yamamoto M, Kawai S: Free vascularized fibular grafts for large bone defects in the extremities after tumor excision. *J Reconstr Microsurg*, 14: 371-376, 1998.

9) Jeon DG, Kim MS, Cho WH, Song WS, Lee SY: Pasteurized autograft for intercalary reconstruction. an alternative to allograft. *Clin Orthop Relat Res*, 456: 203-210, 2007.

10) Jeon DG, Kim MS, Cho WH, Song WS, Lee SY: Reconstruction with pasteurized autograft for distal tibial tumor. *Arch Orthop Trauma Surg*, 128: 159-165, 2008.

11) Khattat MJ, Umer M, Haroon-Ur-Rasheed, Umar M: Autoclaved tumor bone for reconstruction: an alternative in developing countries. *Clin Orthop Relat Res*, 447: 138-144, 2006.

12) Kohler P, Kreicbergs A, Stromberg L: Physical properties of autoclaved bone: torsion test of rabbit

- diaphyseal bone. *Acta Orthop Scand*, 57: 141-145, 1986.
- 13) **Krieg AH, Davidson AW, Stalley PD:** Intercalary femoral reconstruction with extracorporeally irradiated autograft bone graft in limb-salvage surgery. *J Bone Joint Surg*, 89-B: 366-371, 2007.
 - 14) **Makely JT:** The use of allografts to reconstruct intercalary defects of long bones. *Clin Orthop Relat Res*, 197: 58-75, 1985.
 - 15) **Manabe J, Ahmed AR, Kawaguchi N, Matsumoto S, Kuroda H:** Pasteurized autologous bone graft in surgery for bone graft and soft tissue sarcoma. *Clin Orthop Relat Res*, 419: 258-266, 2004.
 - 16) **Mankin HJ, Gebhardt MC, Tomford WW:** The use of frozen cadaveric allografts in the management of patients with bone tumors of the extremities. *Orthop Clin North Am*, 18: 275-289, 1987.
 - 17) **Moran SL, Shin AY, Bishop AT:** The use of massive bone allograft with intramedullary free fibular flap and adolescent population. *Plast Reconstr Surg*, 118: 413-419, 2006.
 - 18) **Muramatsu K, Ihara K, Hashimoto T, Seto S, Toguchi T:** Combined use of free vascularized bone graft and extracorporeally-irradiated autograft for the reconstruction of massive bone defects after resection of malignant tumour. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 60: 1013-1018, 2007.
 - 19) **Sim FH, Beauchamp CP, Chao EY:** Reconstruction of musculoskeletal defects about the knee for tumors. *Clin Orthop Relat Res*, 221: 188-201, 1987.
 - 20) **Sugiura H, Yamamura S, Sato K et al.:** Remodelling and healing process of moderately heat-treated bone grafts after wide resection of bone and soft-tissue tumors. *Arch Orthop Trauma Surg*, 123: 514-520, 2003.
 - 21) **Suk KS, Shin KH, Hahn SB:** Limb salvage using original low heat-treated tumor-bearing bone. *Clin Orthop Relat Res*, 397:385-393, 2002.
 - 22) **Tsuchiya H, Tomita K, Minematsu K, Mori Y, Asada N, Kitano S:** Limb salvage using distraction osteogenesis, A classification of the technique. *J Bone Joint Surg*, 79-B: 403-411, 1997.
 - 23) **Zaretski A, Amir A, Meller I et al.:** Free fibular long bone reconstruction in orthopedic oncology: a surgical algorithm for reconstructive options. *Plast Reconstr Surg*, 113: 1989-2000, 2004.

Abstract

**Reconstruction of Bone Defects Caused by Tumor Resection
Using Recycled Autograft Augmented with VFG**

**Yang-Guk Chung, M.D., Yong-Koo Kang, M.D., Won-Jong Bark, M.D., Seung-Koo Rhee, M.D.,
An-hi Lee, M.D.*, Jeong-Mi Park, M.D.**, Bo-Youn Park, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Pathology, Radiology,
College of Medicine, The Catholic University of Korea***

Purpose: We evaluated the outcomes of surgical reconstructions using recycled autograft augmented with VFG for bone defects caused by tumor resections.

Materials and Methods: Ten patients with a malignant or locally aggressive bone tumor who were managed with recycled autograft augmented with VFG and followed up minimum 1 year were evaluated for bone union, functional result and complications. The influence of various factors on bone union and functional outcomes were also analyzed.

Results: Bone unions were obtained at 13 of 20 junctions. Average union time was 3.7 months at metaphyseal junctions and 8 months at diaphyseal junctions ($P<0.05$). At diaphyseal junctions, younger aged group and intramedullary location group showed earlier bone union ($P<0.05$). The mean functional score was 81%. There were 3 nonunions, 4 delayed unions and 2 recycled bone resorption combined with fractures.

Conclusion: To obtain excellent results, proper microvascular technique, sufficient length of VFG bridging both junctions, stable internal fixation and protection of reconstructed bone until union are necessary.

Key Words: Bone defect, Recycled autograft, VFG, Bone union, Functional outcome, Complication

Address reprint requests to

Yong-Koo Kang, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, St.Vincent Hospital, College of Medicine,
The Catholic University of Korea
93-9 Ji-dong, Paldal-gu Suwon, 442-723, Korea
TEL: 82-31-249-7114, FAX: 82-31-254-8228, E-mail: ykang@cmcnu.ac.kr