

사지구제술에서 언제 재활용 자가골 이식술이 유용한가?

고신대학교 의과대학 정형외과학교실

김재도 · 장재호 · 조 율 · 김지연 · 정소학

목적: 악성 근골격계 종양의 치료로 재활용 자가골 이식술을 이용하는 사지구제술에서 종양의 절제 및 재건 방법과 자가골의 재활용 처치 방법에 따라 그 유용성과 임상적 적용에 대하여 후향적 조사를 통하여 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 본원에서는 1995년 12월에서 2006년 2월까지 재활용 자가골 이식술을 시행한 58례의 악성 근골격계 종양 환자들을 대상으로 하였다. 나이는 평균 36.5세(5~74세)였고, 성별은 남자가 34례, 여자가 24례였다. 58례 중 47례는 체외 방사선 조사(extracorporeal irradiation)를 시행하였고 11례는 저온 열처리(pasteurization)를 하였다. 재활용 자가골의 절제 및 재건 방법은 조각삽입(fragmentary) 3례, 분절삽입(intercalary) 8례, 골연골 삽입(osteoarticular) 18례, 자가골-종양대치물 복합체(recycling-autograft-prosthesis composite) 23례, 전 관절(total joint) 5례, 아킬레스건(achilles tendon) 1례였다. 결과는 절제 및 재건 방법과 자가골의 재활용 처치 방법에 따라 방사선학적 유효함과 기능적인 평가(Musculoskeletal Tumor Society)에 따른 결과를 분석하였고 각각의 합병증에 대하여 조사하였다.

결과: 접합부의 유효성은 체외 방사선 조사에서 15.0개월, 저온 열처리에서 12.6개월로 관찰되었다. 절제 방법에 따라 분절삽입 12.8개월, 조각삽입 6.0개월, 자가골-종양대치물 복합체 10.0개월, 골연골 삽입 23.3개월, 전 관절 15.6개월로 관찰되었다. 기능적 결과 점수는 체외 방사선 조사에서 59.6%, 저온 열처리에서 63.5%였고 절제 방법에 따라 분절삽입 60.8%, 조각삽입 65.5%, 자가골-종양대치물 복합체(골반제외) 62.8%, 골연골 삽입 66.0%, 전 관절 이식 66.6%였다. 저온 열처리에서 합병증은 2례(18.1%)로 감염 1례, 비구 돌출 1례가 관찰되었고 체외 방사선 조사에서 22례(46.8%)의 합병증(심부 감염 3례, 불유합 8례, 골절 2례, 성장판 문제 2례, 관절 불안정성 5례, 국소 재발 2례)이 발생하였다. 절제 및 재건 방법에 따라 분절삽입에서 불유합 3례(37.5%), 자가골-종양대치물에서 합병증 9례(50.0%, 불유합 4례, 심부감염 1례, 종양대치물 주위 골절 1례, 성장판 문제 1례, 국소재발 1례, 비구 돌출 1례), 골연골 삽입에서 합병증 6례(33.3%, 심부감염 2례, 불유합 2례, 성장판 문제 1례, 병적 골절 1례), 전 관절 이식에서 합병증 5례(100%, 관절 불안정성 5례), 아킬레스건에서 국소재발 1례(100%)가 발생하였다.

※통신저자: 김 재 도

부산광역시 서구 암남동 34번지
고신대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel: 051) 990-6467, Fax: 051) 243-0181, E-mail: jdkim@ns.kosinmed.or.kr

*본 연구는 고신대학교 의과대학 학술연구비의 지원에 의해 작성되었음(2007)

결론: 재활용 자가골 이식술의 유용성은 절제 및 재건 방법에 따라서 조각 및 분절 재건술이 사지의 기능이 우수하고 접합부의 빠른 유합을 보여 가장 좋은 적응증으로 사료되며, 자가골-종양 대치물 복합체의 재건술에서는 절제 후 남은 골이 부족할 때 종양 대치물의 안정성을 위해 고려해 볼 만하다. 자가골의 재활용 처치 방법에서는 저온 열처리법이 체외 방사선 조사법보다 더 우수한 것으로 사료된다.

색인 단어: 악성 근골격계 종양, 재활용 자가골 이식술, 사지 구제술

서 론

사지 구제술(limb salvage surgery)은 근골격계 악성 종양의 치료에 있어서 항암약물 및 수술 수기의 발달로 보편화 되었으나 광범위한 절제연으로 인한 골 및 연부조직 결손이 필연적으로 발생한다. 그래서 결손 부위의 재건을 위하여 종양 대치물 삽입술, 동종골 이식술, 동종골과 종양 대치물의 복합체, 재활용 자가골 이식술, 한시적 공간 대치물 등이 이용되고 있다. 이중 자가골의 재활용 방법으로는 고온-고압 처리법(autoclaved graft), 저온 열처리법(pasteurization), 체외 방사선 조사법(extracorporeal irradiation), 동결 처리법(deep frozen), 미세파장 처리법(microwave) 등이 있는데, 현재는 체외 방사선 조사법과 저온 열처리법이 일반적으로 사용되고 있다. 본원에서는 악성 근골격계 종양의 치료로 재활용 자가골 이식술을 이용하는 사지구제술에서 종양의 절제 및 재건 방법과 자가골의 재활용 처치 방법에 따라 그 유용성과 임상적 적용에 대하여 후향적 조사를 통하여 알아보려고 한다.

연구 대상 및 방법

1. 대상

1995년 12월부터 2006년 2월까지 사지에 발생한 악성 골 및 연부 조직종양 환자에서 광범위 절제술 후 재활용 자가골 이식술을 이용한 사지 구제술을 시행한 총 58례의 환자를 대상으로 하였다. 자가골의 재활용은 체외 방사선 조사법(extracorporeal irradiation)과 저온 열처리법(pasteurization)을 이용하였으며, 각각 47, 11례였다.

나이는 5세에서 74세까지, 평균 35.6세였고, 성별은 남자 34, 여자 24명이었다. 진단은 골육종(osteosarcoma) 29례, 연골육종(chondrosarcoma) 6례, 유잉육종(Ewing's sarcoma) 2례, 다발성 골수종(multiple myeloma) 2례, 연부 조직 악성 종양 5례(악성 섬유성 조직구종 2례, 악성 흑색종 1례, 지방 육종 1례, 섬유종증 1례) 그리고 전이성 골종양(metastatic bone tumor) 14례이었다.

2. 재건 방법과 해부학적 위치

종양의 절제 및 재건 방법은 조각 삽입(fragmentary) 3례, 분절 삽입(intercalary) 8례, 자가골-종양 대치물 복합체 삽입(recycling-autograft-prosthesis composite) 23례, 골연골 삽입(osteochondral) 18례, 전 관절(total joint) 5례 그리고 아킬레스건 1례이었다. 조각 삽입 3례는 모두 체외 방사선 조사를 하였고, 분절 삽입 8례 중 체외 방사선 조사 6례, 저온 열처리 2례를 하였고, 자가골-종양 대치물 복합체 삽입 23례 중 체외 방사선 조사 14례, 저온 열처리 9례였으며, 골연골 삽입 18례와 전 관절 이식 5례, 아킬레스건 1례는 모두 체외 방사선 조사를 하였다.

해부학적 위치에 따른 분류는 상지 8례, 하지 35례, 골반골 13례, 척추 2례이었다. 상지는 각각 근위 상완골 6례, 상완골 간부 1례, 척골 1례였고 하지는 근위 대퇴골 10례, 대퇴 간부 2례, 원위 대퇴골 13례, 근위 원위 대퇴골 1례, 근위 경골 3례, 원위 경골 2례, 근위 비골 2례, 아킬레스건 1례, 종골 1례이었다(Fig 1, 2, 3).



Fig. 1. Periosteal osteosarcoma of the humeral shaft shows a juxtacortical mass with periosteal reaction. After wide excision of the tumor, a resected bone was irradiated and reimplanted. The resection & reconstruction type was intercalary. Three years seven months after operation, a graft fracture was revealed. Six years six months after operation, both junctional sites and the fracture site were united completely.



Fig. 2. 13 year-old male patient. Preoperative radiograph shows osteosarcoma in the proximal tibia. After wide excision, there was no sufficient residual bone stock to fix the tibial stem firmly. The resected bone was reimplanted after extracorporeal irradiation as rAPC(recycling-Autograft-Prosthesis-Composite). Functional and radiographic results were excellent in this patient.

3. 체외 방사선 조사 및 저온 열처리 방법

종양의 절제연은 자기공명영상(MRI)상 종양 조직을 포함하여 주변의 정상 조직을 충분히 포함하는 광범위 절제연이 되도록 하였으며, 결손부위에 대한 재건으로 절제된 자가골 및 연부조직을 이용하여 재활용 하였으며, 체외 방사선 조사 및 저온 열처리하여 재활용하였다. 체외 방사선 조사법은 절제된 조직에서 재건술에 필요한 연부조직 및 피질골 부위를 제외하고는 제거 후 무균처리된 포에 싌 후 생리 식

염수가 담긴 용기에 밀봉하여 즉시 방사선 종양학과로 보내어 코발트 60 감마선으로 5000 cGy의 방사선을 조사하였다. 체외 조사된 조직을 다시 수술실로 옮겨 결손 부위에 따라 Ender 정, 금속판, 금속 정, K 강선, conventional joint replacement prosthesis 등을 사용하여 내고정을 시행하였으며, 피질골 부위의 결손 부위는 골시멘트로 보강하였고, 관절 부위의 인대의 불안정성은 스테이플(staple) 등을 이용하여 안정성을 보강해 주었다¹⁾.

저온 열처리법은 동일하게 광범위 절제연을 가지



Fig. 3. 16 year-old female patient. Preoperative radiograph shows osteosarcoma in the proximal humerus. After being irradiated, the resected bone and soft tissue was reconstructed by osteoarticular type. And fibula bone graft was augmented for junctional union. 13 months after operation, a junctional union was obtained.

고 종양을 절제한 이후 재건술에 필요한 부분만 남긴 후 생리 식염수에 30분간 65°C로 저온 열처리하였다. 그리고 10분간 수술실에서 생리 식염수에 담가둔 후 절제된 부위에 재삽입하여 체외 방사선 처리법과 같이 내고정 및 시멘트를 이용하여 시행하였다.

4. 추시 관찰 및 평가 체계

결과는 종양의 절제 및 자가골의 이식 방법과 자가골의 재활용 처치 방법에 따라 방사선학적 유합과 Musculoskeletal Tumor Society (MSTS) 점수에 따른 기능적 결과를 분석하였고 각각의 합병증에 대하여 조사하였다.

단순 방사선 사진을 촬영하여 접합부(junctional site)의 골유합 시기를 측정하였고 방사선학적으로 절골 선이 보이지 않게 되거나 절골선상에 가골이 형성될 때를 골유합이 이루어졌다고 하였다. 또한 환자가 추시 기간 중에 골유합이 발견되기 전에 사

망하거나 합병증이 생겨서 다시 수술을 받게 되어 측정할 수 없었던 경우는 제외하였다.

최종 추시 때의 환자의 사지의 기능적 평가 방법은 MSTS의 평가법을 이용하여 동통, 기능, 정서적 수용정도를 상하지에 공통으로 적용하였으며, 하지에서는 보조구의 사용여부, 걷는 능력 및 보행을, 상지에서는 손의 위치, 손의 기민함 및 들어올리는 능력을 추가하여 각각 5점 만점을 기준으로 평가하여 최고 점수 30으로 합산하였으며, 이를 각각 백분율로 나타내었다⁴⁾.

합병증은 최종 추시 때의 환자의 상태에 따라 각각 기술하였다. 통계적 검증은 SPSS 14.0 for window version에 의해 Kruskal-Wallis 검정을 이용하여 전체 집단 간의 평균치 차이를 검정하였고 차후 분석으로 Mann-Whitney 검정을 이용하여 절제 및 재건 방법간의 평균치의 유의성을 검정하였다($p=0.05$).

결 과

1. 골유합

방사선 소견상 접합부의 골유합 소견은 평균 14.1 개월이었고, 재활용 방법에 따라 체외 방사선 조사 과 저온 열처리는 각각 평균 15개월, 12.6개월이었다. 절제 및 재건 방법에 따라서 조각삽입 6개월, 분절삽입 12.8개월, 자가골-중앙 대치물 복합체 삽입 10개월, 골연골 삽입 23.3개월, 전 관절 이식 15 개월이었다. 해부학적 위치에 따라서 골반골 12개월, 근위 대퇴골 6.5개월, 간부 대퇴 21.5개월, 원 위 대퇴 23.4개월, 근위 경골 10.5개월, 원위 경골 8개월, 근위 상완골 8개월, 간부 상완골 7개월이었다.

2. 기능적인 결과

기능적인 결과는 MSTTS의 평가법에 따라서 전체 평균은 60.3%로 관찰되었고, 방사선 조사와 저온 열처리는 각각 59.6%, 63.5%였다. 절제 및 재건 방법에 따라서 조각삽입 65.5%, 분절삽입 60.8%, 자가골-중앙 대치물 복합체 삽입(골반골 제외) 62.8%, 골연골 삽입 66.0%, 전 관절 이식 66.6%, 아킬레스건 66.6%였고 해부학적 위치에 따라서 골반골 65.8%, 근위 대퇴골 62.3%, 대퇴 간부 53.3%, 원위 대퇴 60.4%, 근위 경골 70%, 원 위 경골 71.6%, 근위 상완골 59.9%, 상완골 간부 66.6%, 근위 비골 73.3%, 아킬레스건 66.6%, 척 추 80%, 척골 46.6%이었다.

3. 합병증

재활용 자가골 이식술에서 발생한 합병증은 총 58 레 중 24레(41.3%)이었다. 저온 열처리에서는 11 레 중 2레(18.1%)로 감염 1레, 비구 돌출 1레가 관찰되었고 체외 방사선 조사에서는 47레 중 22레 (46.8%)로 심부 감염 3레, 불유합 8레, 골절 2레, 성장판 붕괴 2레, 관절 불안정성 5레, 국소 재발 2 레가 발생하였다. 절제 및 재건 방법에 따라 분절삽 입에서 불유합 3레(37.5%), 자가골-중앙대치물에서 합병증 9레(50.0%, 불유합 4레, 심부감염 1레, 중 양대치물 주위 골절 1레, 성장판 문제 1레, 국소재

발 1레, 비구 돌출 1레), 골연골 삽입에서 합병증 6 레(33.3%, 심부감염 2레, 불유합 2레, 성장판 문제 1레, 병적 골절 1레), 전 관절 이식에서 합병증이 전레 5레(100%, 관절 불안정성 5레), 아킬레스건에 서는 국소재발 1레(100%)가 발생하였다.

4. 통계적 유의성

통계적 검증은 골유합에 대하여는 Kruskal-Wallis 검정을 이용하여 전체 집단 간의 평균치 차 이가 유의한 차이를 보였고($p=0.045$), 차후 분석으 로 Mann-Whitney 검정을 이용하여 절제 및 재건 방법간의 평균치의 유의성을 보였다($p=0.023$). 기능 적인 결과에 대하여는 Kruskal-Wallis 검정을 이 용하여 전체 집단 간의 평균치 차이가 유의한 차이 를 보이지 않았고($p=0.423$), 차후 분석으로 Mann-Whitney 검정을 이용하여 절제 및 재건 방법 간의 평균치의 유의성을 보이지 않았다($p=0.733$).

고 찰

악성 골 및 연부 조직 종양의 광범위 절제 후 발생 하는 골 결손의 재건 시 사지 기능을 회복하기 위하 여 중앙 대치물 삽입술, 동종골 이식술, 동종골과 중 양 대치물의 복합체, 재활용 자가골 이식술, 한시적 공간 대치물 등이 사용될 수 있으며, 이 중 중앙 대 치물은 어느 정도의 관절 운동을 유지할 수 있고, 즉 각적 기능 회복을 가질 수 있으며, 재료의 획득이 용 이하고, 향후 화학요법에 영향을 받지 않는다는 장 점이 있는 반면에, 추후 삽입물의 해리, 마모 그리고 슬루 감염 등의 단점이 있다^{1,13)}. 그리고 동종골 이식 술은 골 은행에서 오랜 기간 보존이 가능하므로, 상 대적으로 획득이 용이하며, 이식골의 크기를 조절할 수 있을 뿐만 아니라 연골과 인대 등의 연부 조직들 도 이식할 수 있어 관절 기능을 정상에 가깝게 회복 시킬 수 있는 장점이 있지만, 적절한 크기나 모양의 동종골 채취의 어려움이 있고 질병 전파의 위험, 조 직 거부 반응과 골유합의 저하 등의 단점을 가진다. 하지만, 자가골 이식술은 저가로 시행할 수 있고 해 부학적 원형을 유지한채 재건이 가능하며, 재료의 획득이 용이하고 질병의 전파가 없다는 장점이 있으 므로 모든 연령대의 환자에서 골 조직 파괴가 적은

Table 1. Patient's characteristics

Case	Age /Sex	Diagnosis	Site	Method	Union complication	Fun. Eval (%)	Recycling method
1	16/M	Osteosarcoma	Prox. fibula	Fragmentary	7		I
2	29/M	Chondrosarcoma	Chondrosarcoma	APC	14	Infection	I
3	71/M	Meta. Tumor (RCC)	Prox. femur	APC	†		P
4	7/M	Osteosarcoma	Distal femur	Osteoarticular	†	Infection	I
5	12/F	Osteosarcoma	Distal femur	APC	12		I
6	46/M	Multipla myeloma	Pelvis	APC	†	Nonunion	I
7	31/F	Osteosarcoma	Pelvis	APC	10		P
8	54/M	MFH	Prox. humerus	Osteoarticular	15		I
9	15/F	MFH	Prox. humerus	APC	†		P
10	16/F	Osteosarcoma	Prox. humerus	Osteoarticular	13		I
11	60/F	Chondrosarcoma	Pelvis	APC	7		I
12	13/M	Osteosarcoma	Prox. humerus	Osteoarticular	21		I
13	15/F	Osteosarcoma	Pelvis	APC	17	Local recur.	P
14	33/M	Meta. Tumor (RCC)	Pelvis	APC	†	Med. migration	P
15	60/M	Meta. Tumor (Lung ca.)	Prox. femur	APC	4		P
16	71/M	Meta. Tumor (Lung ca.)	Prox. femur	APC	†		P
17	48/M	Osteosarcoma	Distal femur	Intercalary	†	Nonunion	I
18	12/M	Osteosarcoma	Distal femur	APC	†	Periprosthetic fx.	I
19	40/M	Osteosarcoma	Distal prox. femur	Osteoarticular	†		I
20	63/M	Meta. Tumor(SCC)	Prox. femur	APC	†		P
21	38/F	Liposarcoma	Shaft femur	Intercalary	10		P
22	13/M	Osteosarcoma	Distal tibia	Osteoarticular	†	Infection	P
23	19/M	Osteosarcoma	Distal femur	Intercalary	12		I
24	60/F	Meta. Tumor (Thyroid ca.)	Prox. femur	APC	9		I
25	51/F	Meta. Tumor(Breast ca.)	Pelvis	APC	2		P
26	8/F	Osteosarcoma	Distal femur	Osteoarticular	96		I
27	25/M	Osteosarcoma	Prox. fibula	Fragmentary	6		I
28	45/M	Meta. Tumor (Esophageal ca.)	Prox. humerus	Osteoarticular	†		I
29	49/F	Chondrosarcoma	Distal femur	Fragmentary	5		I
30	34/M	Chondrosarcoma	Prox. femur	Intercalary	5		I
31	27/M	Osteosarcoma	Distal femur	Total joint	10	Joint instability	I
32	63/F	Malignant melanoma	Achilles tendon	Soft tissue	†	Local recur.	I
33	38/F	Fibromatosis	Ulna	Intercalary	†	Nonunion	I
34	44/M	Ewing's sarcoma	Pelvis	Osteoarticular	9		I
35	17/M	Osteosarcoma	Distal femur	Total joint	43	Joint instability	I
36	44/M	Osteosarcoma	Prox. femur	APC	†	Nonunion	I
37	74/M	Osteosarcoma	Distal femur	Osteoarticular	†	Nonunion	I
38	15/M	Periosteal Osteosarcoma	Shaft humerus	Intercalary	7		I
39	36/M	NHL	Prox. tibia	Intercalary	12	Infection	I
40	69/M	Osteosarcoma	Pelvis	APC	†		I
41	16/M	Osteosarcoma	Distal femur	Total joint	4	Joint instability	I
42	37/F	Osteosarcoma	Pelvis	APC	†	Nonunion	I
43	9/M	Osteosarcoma	Distal femur	Osteoarticular	20	Epiphyseal collapse	I

Table 1. Patient's Characteristics

Case	Age /Sex	Diagnosis	Site	Method	Union complication	Fun. Eval (%)	Recycling method
44	14/M	Osteosarcoma	Calcaneous	Osteoarticular	†	43.3	I
45	32/M	Chondrosarcoma	Pelvis	Osteoarticular	24	60	I
46	58/F	Chondrosarcoma	Prox. humerus	Osteoarticular	29 Pathologic fracture	36.6	I
47	31/F	Meta. Tumor (Stomach ca.)	Pelvis	APC	†	66.6	I
48	5/F	Ewing's sarcoma	Pelvis	Osteoarticular	† Nonunion	73.3	I
49	14/M	Osteosarcoma	Distal tibia	Osteoarticular	8	80	I
50	64/F	Extraskelatal Osteosarcoma	Shaft femur	Intercalary	33	56.6	P
51	63/M	Meta. Tumor (RCC)	Prox. femur both	APC	(6/5)	73.3	I
52	13/M	Osteosarcoma	Prox. tibia	APC	† Epiphyseal collapse	70	I
53	48/F	Meta. Tumor (Stomach ca.)	Prox. femur	APC	†	63.3	I
54	62/F	Multipla myeloma	Prox. femur	APC	15 Nonunion	60	I
55	17/F	Osteosarcoma	Distal femur	Total joint	9 Joint instability	66.6	I
56	55/M	Meta. Tumor (RCC)	Spine	Osteoarticular	†	80	I
57	67/M	Meta. Tumor (RCC)	Spine	Osteoarticular	†	80	I
58	34/F	Osteosarcoma	Prox. tibia	Total joint	9 Joint instability	80	I

rAPC: recycling autograft-prosthesis-composite, RCC: Renal cell carcinoma, †:Expired or follow-up loss, MFH: Malignant fibrous hiotiocyoma, SCC: Squamous cell carcinoma, NHL: non-Hodgkin's Lymphoma, I: extracoporeal irradiation, P: pasteurization

골종양 환자에서 유용하게 사용 되어 오고 있다^{1,13)}. 자가골을 재활용하는 방법인 체외방사선 조사는 Uyttendaele 등이 1998년에 원발성 골종양 17례에 5000 cGy를 30분동안 조사하여 재활용 자가골 이식술을 처음 사용하였고, 방사선 조사는 독성 유리 라디칼을 생성하여 종양세포, 골원세포 및 조혈세포의 유전자에 치명적인 손상을 주고 동시에 혈관 조직에 손상을 주어 후기 허혈성 조직 괴사를 유발한다고 알려져 있고, 또한 일반 세포의 괴사와는 다른 형태인 아포프토시스(apoptosis)를 유발하여 종양세포를 사멸시키는 것으로 알려져 있다¹³⁾. 또한 체외 방사선 조사 시 골종양 조직에만 국한하여 방사선을 조사되므로 상대적으로 주위 정상적인 연부조직 및 혈관을 유지할 수 있는 장점이 있어 재건술 시에 연부 조직을 활용해야할 때 좋은 방법으로 생각되어져 왔다.

Inoguchi 등은 악성 하악골 종양 환자 3례를 65°C에서 30분간 저온 열처리 가공하여 하악골 재건술

을 처음 시행하였다. 저온 열처리법은 연골, 근육, 인대 등을 재활용 할 수 없다는 단점이 있지만, 종양 세포가 5분동안 55~60°C에서 사멸하고 저온 열처리된 골에서 골형성단백질(bone morphogenic protein)이 70°C에서 15분동안 열처리하여도 활성화 상태로 남아서 골유합을 되게 하고 동물 실험에서 정상 골과 같이 골유합력을 가진다고 알려져 있다⁵⁾. 장기적인 추사에서 체외 방사선 조사와 저온 열처리법에 대한 유용성에 대해서는 이견이 많지만, 현재는 골을 절제한 후 즉시 재삽입이 가능하고 골유합이 일어날 수 있는 저온 열처리법이 가장 많이 시행되고 있는 방법이다. 본 연구에서는 접합부의 유합은 체외 방사선 조사에서 15.0개월, 저온 열처리에서 12.6개월로 관찰되었는데, Araki 등은 체외 방사선 조사를 하여 29례 중 23례에서 골유합을 관찰하였고, Manabe 등은 저온 열처리를 시행한 자가골 25례중 22례에서 Suk 등은 12례 중 11례에서 골유합을 관찰하였다고 발표하였다^{1,10)}. Bohm 등은

체외방사선 조사를 하여 재삽입한 8례에서 평균 4.3개월에 골유합을 관찰하였고, Suk 등은 근위 대퇴골과 근위 상완골 환자에게 저온 열처리한 재활용에서 자가골 골유합이 평균 4.6개월에 관찰하였고 부위에 따라 각각 4.2개월, 5.2개월이었다^{6,10)}. 문헌보다는 골유합의 시기는 길었지만, 체외 방사선 조사보다는 저온 열처리를 받은 환자에게 빠른 골유합을 보이는 것을 알 수 있었다. 골유합을 관찰할 수 없었던 25례 중 2례는 전이성 척추 종양 환자로 전척추 전제술(Total en bloc spondylectomy)를 시행한 후 후방보호(posterior capping)를 위하여 절제하였던 후방 척추(posterior column)을 재활용하여서 골유합을 관찰할 수 없었고, 추시관찰 중에 사망하였던 환자는 10례, 골유합이 관찰되기 전에 발생한 합병증으로 재수술을 받았던 환자는 13례이었다.

Suk 등은 근위 대퇴골과 근위 상완골 환자에서 저온 열처리로 재활용한 자가골을 이식한 후 MSTS 평균 66.5%였고 부위에 따라 각각 76.7%, 56.8%라고 하였다¹⁰⁾. Araki 등은 체외 방사선 조사를 하여 MSTS 평균 73%라고 하였고, Sakayama 등은 저온 열처리를 하여 평균 88%를 보였다⁹⁾. Suk 등은 근위 대퇴골이 근위 상완골보다 우수하다고도 하였다¹⁰⁾. 본 연구에서 기능적인 결과는 MSTS의 평가법에 따라서 전체 평균은 60.3%로 관찰되었고, 체외 방사선 조사와 저온 열처리는 각각 59.6%, 63.5%로 저온 열처리의 경우가 기능적인 면에서 더 나은 결과를 보였다.

Sakayama 등은 조각, 분절 절제하여 저온 열처리하여 삽입하는 것이 가장 좋은 재활용 자가골 이식 방법이라고 하였다⁹⁾. 본 연구에서는 절제 및 재건 방법에 따라서 평균 골유합이 조각 6.0개월, 분절 12.8개월, 자가골-종양 대체물 복합체(골반골 제외) 10.0개월, 골연골 23.3개월, 전 자가 관절 15.0개월이었다. 조각, 분절, 자가골-종양 대체물 복합체의 경우 평균 보다 나은 골유합을 보였고 근위 대퇴골과 원위 경골, 상완골에서 평균 보다 나은 골유합을 보였다. 조각에서는 가동 관절과의 관계가 비교적 적기 때문에 골유합이 일찍 관찰 되었고, 분절에서는 재삽입 이후에 골수정과 금속판과 같은 견고한 내고정이 가능하였다. 그리고 자가골-종양 대체물 복합체는 종양 대체물이 견고한 고정을 이루어 골연골 및 전 자가 관절보다 관절의 안정성이 커서

골유합이 빨랐던 것으로 생각된다. 또한 해부학적 위치에 따른 골유합의 시기도 Suk 등은 대퇴골에서는 체중 부하로 인한 축성 부하가 골유합을 촉진하여 상완골보다 빠른 결과를 보인다고 하였는데 골반골 12개월, 근위 대퇴골 6.5개월, 대퇴골 간부 21.5개월, 원위 대퇴 23.4개월, 근위 경골 10.5개월, 원위 경골 8개월, 근위 상완골 8개월, 상완골 간부 7개월로 근위 대퇴골, 상완골, 원위 경골에서 골유합의 시기가 빨랐다. 견고한 종양 대체물로 관절의 안정성을 이룰 수 있는 근위 대퇴골에서 빨랐으나, 골반골의 경우 종양 절제 후 재활용한 골에 종양 대체물을 고정하여야 하므로 재활용한 골의 감염, 불유합, 과도한 축성 부하 등으로 인하여 골유합이 쉽게 일어나지 않았다^{6,10)}.

또한 기능적인 결과는 절제 및 재건 방법에 따라서 조각삽입 65.5%, 분절삽입 60.8%, 자가골-종양 대체물 복합체 삽입 59.9%, 골연골 삽입 66.0%, 전 관절 66.6%, 아킬레스건 66.6%였다. 자가골-종양 대체물 복합체는 평균을 넘지 못하였으나 이 재건술은 골반골과 근위 대퇴골에서 주로 사용한 것으로 골반골보다 MSTS가 높은 근위 대퇴골 10례 중 분절을 시행한 1례를 제외한 9례에서 자가골-종양 대체물 복합체를 사용하였으므로 근위 대퇴골에서 자가골-종양 대체물 복합체의 기능적인 평가가 낮다고 할 수는 없다. 또한 골연골 삽입 방법에 있어서 전척추 절제술 후 후방 보호를 위하여 절제하였던 2례를 포함하였으므로 MSTS이 다른 군보다 높았지만, 그 통계적 유의성에는 의문이 남으며 분절삽입, 조각삽입, 자가골-종양 대체물 복합체 군의 MSTS도 몇례에서 그 값이 현저히 낮았던바 기능적 결과를 단순 비교하는 것은 무리가 있을 수 있다.

후방보호(posterior capping)를 위하여 절제하였던 후방 척추(posterior column)을 재활용하여서 골유합을 관찰할 수 없었고, 추시관찰 중에 사망하였던 환자는 10례, 골유합이 관찰되기 전에 발생한 합병증으로 재수술을 받았던 환자는 13례였다.

체외 방사선 조사와는 달리 저온 열처리는 연부 조직 재활용을 할 수 없으므로 연부조직의 재건술이 필요할 경우 체외 방사선 조사 방법이 선택되어야 하는데 저온 열처리 방법과 비교하여 방사선학적 유합과 기능적인 면을 고려할 때 체중 부하를 하지 않는 견관절, 주관절, 손목 관절등에서 부분적으로 시

행해 볼 수 있을 것으로 보인다.

재활용 자가골 이식술의 합병증으로 Uyttendaele 등은 체외 방사선 조사 후 심부 감염, 가관절 형성(pseudoarthrosis), 무균성 괴사, 관절 불안정성을 보고하였고 Araki 등은 체외 방사선 조사로 재활용한 자가골에서 불유합, 감염 등을 보고하였다^{1,10)}. 또한, Suk 등은 저온 열처리로 재활용한 환자에서 골절, 골의 흡수를 관찰하였고 Manabe 등도 감염, 골절등의 합병증을 경험하였다^{8,10)}. 본 연구에서 발생한 합병증은 총 58례 중 24례였다. 저온 열처리에서는 총 2례(18.1%)로 감염 1례, 비구 돌출 1례가 관찰되었고 체외 방사선 조사에서는 22례(46.8%)로 심부 감염 3례, 불유합 8례, 골절 2례, 성장판 붕괴 2례, 관절 불안정성 5례, 국소 재발 2례가 발생하였다. 절제 및 재건 방법에 따라 분절삽입에서 불유합 3례(37.5%), 자가골-종양대치물에서 합병증 9례(50.0%, 불유합 4례, 심부감염 1례, 종양대치물 주위 골절 1례, 성장판 문제 1례, 국소재발 1례, 비구 돌출 1례), 골연골 삽입에서 합병증 6례(33.3%, 심부감염 2례, 불유합 2례, 성장판 문제 1례, 병적 골절 1례), 전 관절에서 합병증이 전례 5례(100%, 관절 불안정성 5례), 아킬레스건에서는 국소재발 1례(100%)가 발생하였다.

국소 재발이 2례였으며 골반골 골육종으로 자가골-종양대치물 복합체 삽입 후 우측 장골 자가골에서 발생하여서 내사반골반절제 및 고관절 전위수술(internal hemipelvectomy & hip transposition)을 시행하였고, 발꿈치에 발생한 악성 흑색종이 동측 아킬레스건에 침범하여 피부 및 아킬레스건을 광범위 절제하여 체외 방사선 조사 후 아킬레스건을 재삽입하고 광배근 유리 피판 수술로 연부조직 결손을 재건한 1례(case 32)에서 재삽입한 아킬레스건에서 악성 흑색종이 재발하였다. 국소 재발한 2례에서 자가골 및 연부조직에서 재삽입한 이식편에서 재발하였으며, 방사선 조사의 기술적인 오류로 인한 것으로 사료된다. 이러한 국소 재발 방지를 위하여 광범위한 절제연과 기술적으로 정확한 재활용 방법이 요구된다.

결 론

재활용 자가골 이식술의 유용성은 절제 및 재건

방법에 따라서 조각 및 분절 재건술이 사지의 기능이 우수하고 집합부의 빠른 유합을 보여 가장 좋은 적응증으로 사료되며, 자가골-종양 대치물 복합체의 재건술에서는 절제 후 남은 골이 부족할 때 종양 대치물의 안정성을 위해 고려해 볼 만하다. 자가골의 재활용 처치 방법에서는 저온 열처리법이 체외 방사선 조사법보다 더 우수한 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Araki N, Myoui A, Kuratsu S et al: Intraoperative extracorporeal autogenous irradiated bone grafts in tumor surgery. *Clin Orthop*, 368:196-206, 1999.
- 2) Bohm P, Jurgen F, Thiede S, Budach W: Reimplantation of extracorporeal irradiated bone segments in musculoskeletal tumor surgery: clinical experience in eight patients and review of the literature. *Langenbecks Arch Surg*, 387:355-365, 2003.
- 3) Davidson AW, Hong A, McCarthy SW, Stalley PD: En-bloc resection, extracorporeal irradiation, and re-implantation in limb salvage for bony malignancies. *J Bone Joint Surg*, 87B:851-857, 2005.
- 4) Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawar M and Pritchard DJ: A system for the functional evaluation of reconstruction procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop*, 286:241-246, 1993
- 5) Inoguchi T, Ninomiya H: Studies on heat treatment for immediate replantation of resected bone. *J Craniomaxillofac Surg*, 19:19-39, 1991.
- 6) Kim JD, Park PJ, Kwon YH, Jang JH, Lee YG: Surgical treatment of metastatic tumor in proximal femur with recycling autograft prosthetic composite after wide excision. *J of Korean Bone & Joint Tumor*, 11(1):71-81, 2005.
- 7) Lu S, Wang J, Hu Y: Microwave heating and neoadjuvant chemotherapy for malignant bone tumor. *Chung Hua Wai Ko Tsa Chih*, 35:196-199, 1997.
- 8) Manabe Jun, Ahmed AR, Kawaguchi N, Matsumoto S, Kuroda H: Pasteurized autologous bone graft in surgery for bone and soft tissue sarcoma. *Clin Orthop*, 419:258-266, 2004.
- 9) Sakayama K, Kidani T, Fujibuchi T, Kamogawa J, Yamamoto H, Shibata T: Reconstruction surgery for patients with musculoskeletal tumor, using a pasteurized autogenous bone graft. *Int J Clin Oncol*, 9:167-173, 2004.

- 10) **Suk KS, Shin KH, Hahn SB**: Limb salvage using low heat-treated tumor-bearing bone. *Clin Orthop*, 397:385-393, 2002.
- 11) **Thompson VP, Steggal CT**: Chondrosarcoma of the proximal portion of the femur treated by resection and bone replacement. *J Bone Joint Surg*, 38A:357-367, 1996.
- 12) **Tsuchiya H, Wan SL, Sakayama K, Yamamoto N, Nishida H, Tomita K**: Reconstruction using an autograft containing tumour treated by liquid nitrogen. *J Bone Joint Surg*, 87B:218-225, 2005.
- 13) **Uyttendaele D, Schryver AD, Claessens H**: Limb conservation in primary bone tumors by resection, extracorporeal irradiation and re-implantation. *J Bone Joint Surg*, 70B:348-353, 1988.

Abstract

When do we use the Recycling Autograft in Limb Salvage Surgery?

Jae Do Kim, M.D., Jae Ho Jang, M.D., Yool Cho, M.D., Ji Youn Kim, M.D., So Hak Chung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Purpose: To identify which is the best procedure in recycling autograft according to the resection & reconstruction type and recycling methods, and so when the recycling autograft is used in limb salvage surgery.

Materials and Methods: We have treated fifty-eight patients (34 male, 24 female; age range 5 to 74 years, mean age 36.5 years), who had the malignant musculoskeletal tumors, with recycling autograft (47 patients with extracorporeal irradiation, 11 patients with pasteurization) from December 1995 to February 2006. The resection and reconstruction type was 3 cases with fragmentary, 8 intercalary, 23 rAPC (recycling-Autograft-Prosthesis composite), 18 osteoarticular, 5 total joint and 1 soft tissue (achilles tendon). The result was evaluated by the radiologic union at junctional site, the functional score by musculoskeletal tumor society score and complications according to the resection & reconstruction type and recycling methods.

Results: The junctional union was obtained at 15.0 months in extracorporeal irradiation and 12.6 months in pasteurization. Also the mean radiologic union was shown at 6.0 months in fragmentary, 12.8 months in intercalary, 10 months in rAPC, 23.3 months in osteoarticular and 15.6 months in total joint. The functional score was 65.5% in fragmentary, 60.8% in intercalary, 62.8% in APC (except pelvis), 66.0% in osteoarticular and 66.6% in total joint. We have experienced 1 infection, 1 prtrusio acetabuli in pasteurization (18.1%) and other 22 complications (3 deep infections, 8 nonunions, 2 fractures, 2 epiphyseal problems, 5 joint instabilities, 2 local recurrence) in extracorporeal irradiation (46.8%). Also we have experienced 3 complications (3 nonunions) in intercalary (37.5%), 9 complications (4 nonunions, 1 deep infection, 1 periprosthetic fracture, 1 epiphyseal problem, 1 local recurrence, 1 prtrusio acetabuli) in rAPC (50.0%), 6 complications (2 deep infections, 2 nonunions, 1 epiphyseal problem, 1 pathologic fracture) in osteoarticular (33.3%), 5 complications (5 joint instabilities) in total joint (100%) and 1 complication(1 local recurrence) in soft tissue (100%).

Conclusion: In our experience, according to the resection & reconstruction type fragmentary and intercalary may have several advantages such as good radiologic and functional result and low rate of complication. And it seems that rAPC was available in case which have no sufficient residual bone stock. Also the pasteurization may have more advantages than that of the extracorporeal irradiation.

Key Words: Malignant musculoskeletal tumor, Recycling autograft, Limb salvage surgery

Address reprint requests to

Jae Do Kim, M.D., Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Kosin University College of Medicine

34 Amnamdong, Seogu, Busan 602-702, Korea

TEL: 82-51-990-6467, FAX: 82-51-243-0181, E-mail: jdkim@ns.kosinmed.or.kr