

# 사지연부육종의 고선량을 조직내 근접자입 방사선치료시 열형광 선량계를 이용한 피부표면 선량측정과 치료계획 수정

성균관 의대 삼성서울병원 치료방사선과

정천영 · 박영환 · 안용찬

## I. 서 론

일반적으로 신체의 다양한 부위에 발생하는 종양에서 외과적 수술과 함께 국소 재발을 감소시키기 위한 방법으로 방사선치료를 이용하고 있다. 특히 연부조직 종양에서 수술 전 혹은 수술 후에 시행되는 방사선치료는 신체의 절단 없이 종양의 국소 제어율을 향상시킬 수 있는 매우 효과적인 치료방법이다. 일반적으로 전체 육종의 약 절반 정도는 사지에 발병을 하며, 이러한 사지연부육종(extremity soft-tissue sarcoma)의 이상적인 치료는 사지의 기능을 보존하면서 종양을 완전히 절제하는 것이다. 과거의 암제거 수술은 신체일부의 절단으로 인한 기능적 혹은 미용 적인 손실에 대한 고려 없이 종양을 포함하여 광범위한 경계를 갖고 절제하는 것을 목적으로 하였다. 그러나 최근에는 방사선치료 및 항암약물 치료와의 병행요법이 광범위하게 사용되면서 신체기능을 보존할 수 있도록 제한적인 절제술을 시행하는 것이 가능해졌다.

그러나 사지연부육종(extremity soft-tissue sarcoma)은 대개 병변이 주위조직으로 침윤하여 발현하는 양상을 보이고, 더욱이 진단시에 주위의 주요 혈관, 신경, 관절이나 뼈 등과 인접하여, 이들 조직에 이미 침윤한 경우에는 사지보존의 치료목적을 달성하기가 상당히 힘이 든다.

따라서 종양으로부터 충분한 여유를 두고 절제하기 위하여 불가피한 경우에는 사지 절단술 까지도 시행하여야 하며 종양의 완전절제를 위해 신경, 혈관을 희생시켜야만 한다. 이러한 정도의 광범위한 수술은 사지의 연부육종에 있어서 환자의 사지 기능의 보존보다는 병변의 재발과 원격 전이의 예방을 우선으로 하는 표준적인 치료 방침이 되어 왔다. 그러나 사지의 기능을 유지하면서 높은 국소종양 제어율을 얻기 위해서 보다 제한적인 수술과 함께 보조적 방사선치료를 적용하게 되었으며 수술 후 방사선치료, 수술 전 방사선치료, 근접자입 방사선치료를 이용한 수술 후 조기 방사선치료 등의 방법으로 좋은 결과들이 발표되었다. 연부조직 종양에서의 조직내 방사선치료는 최근에 기술적인 발전으로 상당히 보편화되었으며 그 결과도 매우 고무적이다.

삼성서울병원 치료방사선과에서는 20명의 사지연부육종(extremity soft-tissue sarcoma)환자들에게 수술 전 또는 수술 후 외부 방사선치료를 시행하고, 절제 수술직 후 근접자입 방사선치료를 시행하였으며, 근접자입 방사선치료시 방사선 과조사에 의한 피부 합병증의 원인을 알 수 있는 피부표면선량 평가를 위해 열형광선량계(TLD)를 이용하여, 피부표면선량을 측정 후 평가하였다. 그리고 선량평가의 결과에 따라서

방사선 치료계획을 수정하는 방법과 치료결과에 대하여 보고하고, 근접자입 방사선치료법을 기술적인 측면에서 소개하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

삼성서울병원 치료방사선과에서 1995년 6월부터 1999년 11월까지 사지연부육종(extremity soft-tissue sarcoma)으로 외과적 수술과 외부방사선치료 및 근접자입 방사선치료를 시행 받은 20명의 환자들을 대상으로 하였다. 수술의 범위는 각 환자의 병변 위치와 주위 조직의 침범 여부에 따라 시행되었으며 광범위 절제술(wide

excision)과 변연부 절제술(marginal excision)을 시행하였다. 수술시 피부결손을 보충하기 위한 유리피판 이식술을 적용한 경우도 있었으며 부분 피부이식을 시행한 경우가 있었다. 외과 수술실에서 종양을 제거한 후 수술 부위를 봉합하기 전에 needle을 이용하여 근접자입 방사선치료용 카테터를 경피적으로 종양 부위에 삽입하였다. 카테터의 배치는 가능한 신경-혈관계의 주행 방향과 평행하도록 하였고 카테터간의 간격을 1cm가 되도록 삽입하였으며, 삽입된 카테터의 수는 병변의 크기에 따라 6개에서 10개이었다. 수술이 종료된 후 약 1주 후에 고 선량 근접자입 방사선치료를 위한 모의치료를 시행하였다(Fig. 1).

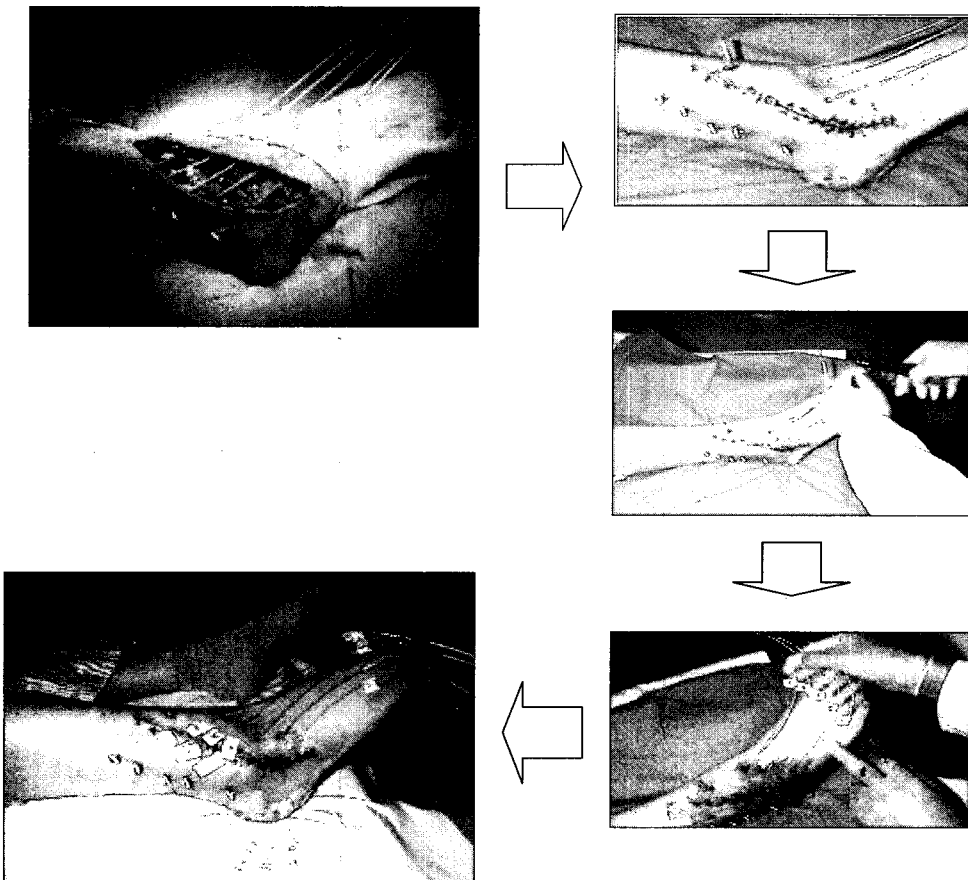


Fig. 1. Catheter Insertion & Treatment process

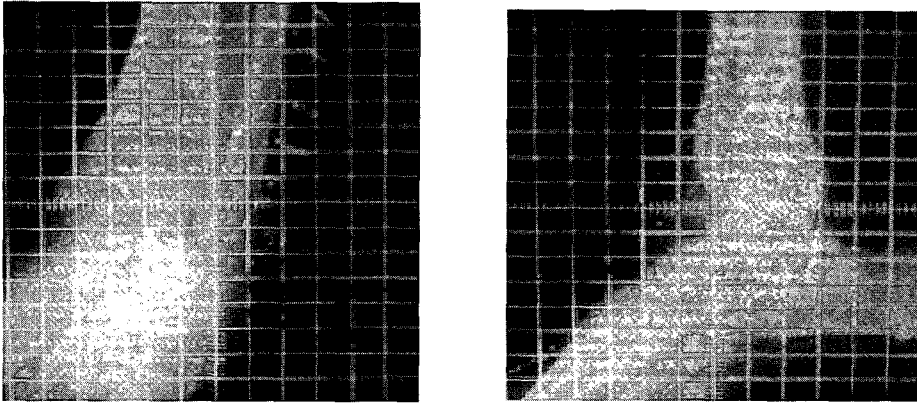
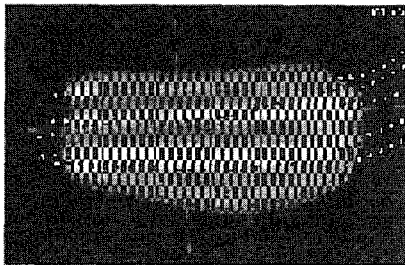


Fig. 2. The AP and LAT. simulation films for brachytherapy: dummy-source are inserted into brachytherapy catheters

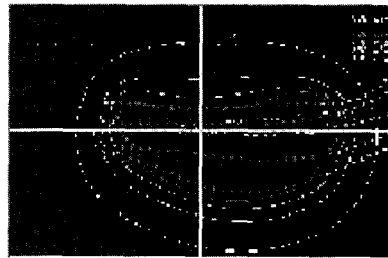
첫 번째로 cutter를 이용하여 근접자입 방사선 치료용 카테터의 끝 부분을 잘라낸 후 카테터가 구부러지거나 휘어지지 않게 하는 꺾임 방지용 cable을 제거하였다. 그리고 위치확인용 dummy source를 삽입하고 치료순서 및 위치를 확인하기 위해 각 카테터마다 위치를 표시를 하였

다. dummy source가 삽입된 상태에서 전후방 및 양측방 촬영하여 방사선 선원의 위치를 확인하였다(Fig. 2).

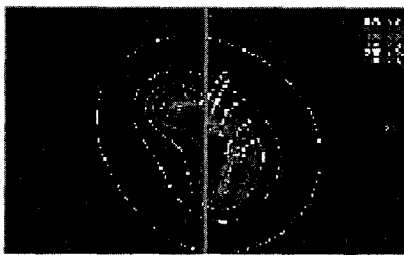
방사선 선량분포계획용 전산시스템(PLATO)을 이용하여, 적정한 선량분포계획을 시행하였다. 방사선량은 카테터의 횡단면으로부터 1cm



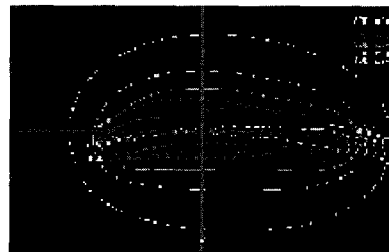
3D view



Plan X=0.0



Plan Y=0.0



Plan Z=0.0

Fig. 3. Computer planning for brachytherapy using PLATO

떨어진 거리에 3.5 Gy 혹은 4.0 Gy를 조사하도록 하였다. 근접자입 방사선 치료는 Ir-192의 동위원소를 사용하는 고선량을 치료기(micro-Selectron-HDR)을 이용하여 수술이 끝나고 1주일 이 지난후에 시작하였으며 일회에 처방선량 3.5 Gy 혹은 4.0 Gy를 하루에 6시간 간격으로 두차례씩 모두 5회 또는 6회에 걸쳐 17.5 Gy에서 24 Gy를 조사 하였다.

1995년 6월부터 1997년 2월까지 치료를 받은 환자 10명에게는 피부표면 선량측정을 하지 않

았다(Table 1). 그 후 1997년 2월부터 1999년 11월까지의 환자들에게는 첫 번째 근접자입 방사선 치료시에 열형광선량계(TLD)를 부착하여 피부표면선량을 측정하였다(Table 2). 치료부위의 면적에 따라 피부표면에 6개에서 10개의 열형광선량계(TLD)를 부착하였다.(Fig. 4) 그리고 첫 번째 치료시 피부표면선량을 측정하였으며 피부표면선량이 처방기준선량의 80%이상인 경우에는 방사선 선량분포계획을 수정하였다. 표면선량이 높은 부위의 위치를 확인한 후 선량

**Table 1.** Characteristics of the patients(Without TLD check)

Case	sex/age	Histologic type	Locaion	Size
1	F/35	Leiomyosacoma	Rt. thigh	2 cm
2	M/21	Fibrosarcoma	Lt. popliteal	4 cm
3	F/48	Leiomyosarcoma	Lt. thigh	3 cm
4	F/56	MFH (myxoid)	Lt. thigh	5 cm
5	F/28	Hemangiopericytoma	Lt. elbow	6 cm
6	F/48	MFH (myoxid)	Lt. forearm	8 cm
7	F/49	Synovial sarcoma	Rt. thigh	5 cm
8	M/34	Epithelioid sarcoma	Lt. forearm	2 cm
9	M/69	Leiomyosarcoma	Rt. Leg	2 cm
10	F/48	Leiomyosarcoma	Lt. Thigh	5 cm

**Table 2.** Characteristics of the patients(With TLD check)

Case	sex/age	Histologic type	Locaion	Size
1	F/29	Fibromatosis	Rt. ankle	8 cm
2	F/55	Fibromatosis	Lt. Arm	12 cm
3	M/31	Soft tissue sarcoma	Lt. pelvis	6 cm
4	F/45	Fibromatosis	Lt. elbow	11 cm
5	F/66	MFH(myoxid)	Lt. thigh	7 cm
6	M/32	Recurrent sarcoma	Lt. shoulder	4.5 cm
7	M/22	Fibromatosis	Rt. Arm	10 cm
8	M/62	Fibromatosis	Lt. Shoulder	5 cm
9	F/28	Popliteal sarcoma	Rt. popliteal	7 cm
10	F/48	Hemangiopericytoma	Lt. Thigh	5 cm

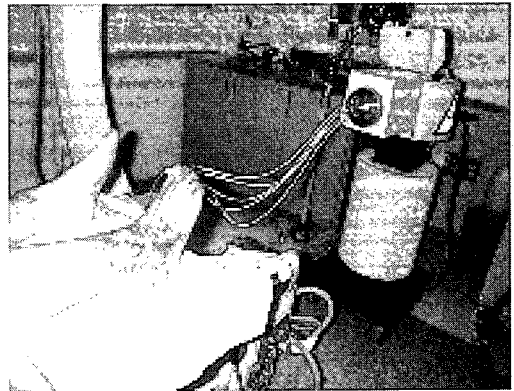
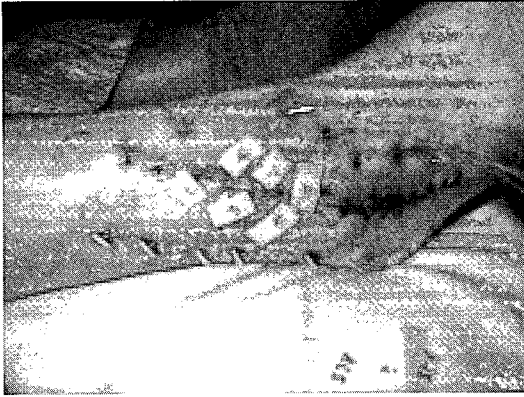


Fig. 4. TLD check & Treatment

을 수정하여 두 번째 치료부터 반영토록 하였다. 그리고 5회에서 6회의 근접자입 방사선치료의 시행 후에 카테터는 경피적으로 제거하였다.

### Ⅲ. 결 과

초기에 피부표면 선량측정을 시행하지 않았던 10명의 환자들 중 본 연구에서 적용한 사지 보존적 수술과 외부방사선치료 및 근접방사선치료에 의한 합병증은 3명의 환자에게서 발생 하

였다. 두 명은 근접자입 방사선치료를 외부방사선 치료보다 먼저 시행하였던 경우로서, 그중 한 명은 근접방사선 치료시 피부의 방사선량이 과다하였던 경우로 외부방사선 치료도중에 수술 부위에 방사선 피부염 및 궤양이 발생하여 외부방사선 치료를 1개월 이상 중단하였다. 결국 외부방사선 치료종료 3개월 후에 피부이식수술을 시행하여야 했다. 다른 한 명은 수술상처의 지연치유 때문에 외부방사선치료를 수술 후 12주 부터 시행하여야 했다. 나머지 한 명은 이식한

Table 3. Skin dose evaluation

Case	sex/age	Locaion	Size	TLD(ea)	Skin dose(cGy)
1	F/29	Rt. ankle	8 cm	6	202 ~ 307
2	F/55	Lt. Arm	12 cm	9	124 ~ 208
3	M/31	Lt. pelvis	6 cm	6	138 ~ 212
4	F/45	Lt. elbow	11 cm	8	102 ~ 367
5	F/66	Lt. thigh	7 cm	7	141 ~ 272
6	M/32	Lt. shoulder	4.5 cm	6	170 ~ 255
7	M/22	Rt. Arm	10 cm	7	143 ~ 320
8	M/62	Lt. Shoulder	5 cm	8	34 ~ 58
9	F/28	Rt. popliteal	7 cm	10	31 ~ 270
10	F/48	Lt. Thigh	5 cm	8	137 ~ 215

유리피판의 무혈성 피사로 인해 결국 6개월 후에 피판 이식수술과 피부이식수술을 시행하여야 했다. 열형광선량계(TLD)를 이용하여 피부표면 선량을 측정한 10명의 환자의 측정 결과 적게는 31 cGy에서 많게는 367 cGy까지 측정되었다.

이중 3명에게서 부분적으로 처방기준선량의 80%가 넘게 나타나 첫 번째 치료 후 선량계획을 수정하였다. 수정방법의 1에는 과 조사부분에 위치해 있는 source time 을 상대적으로 비율을 낮추는 방법을 사용하였고, 1에는 과조사 위치에 놓인 source의 위치를 컴퓨터상에서 제거하여 source가 위치하지 못하도록 하여 과조사 부분의 선량을 낮출 수 있었다. 또 다른 1에는 전체적인 평균선량이 높게 나와 처방선량 기준지점을 1 cm에서 0.5 cm으로 수정하여 과조사 부분의 선량을 낮출 수 있었다. 이렇게 치료계획을 변경할 수 있었던 10명의 환자그룹에서는 방사선의 과 조사로 인한 피부 합병증의 발생이 전혀 없었다.

#### IV. 고 찰

근접방사선치료는 라듐이 발견된 직후부터 지금까지 방사선 치료의 중요한 일부분을 차지하고 있다. 근접방사선치료는 종양부위에 고선량의 방사선을 조사하고 주위정상조직에는 최소한의 선량이 들어가도록 하기 때문에 만성합병증을 최소화하면서 국소 제어율을 높일 수 있는 매우 효과적인 치료방법이다. 또한 컴퓨터의 기술발달로 종양 및 정상조직의 3차원적 재구성이 가능해 졌고, 이를 통해 좀 더 정확한 선량계산을 할 수 있게 되었으며 동위원소의 연구개발 및 remote afterloading device의 보편화 등으로 최근 들어 더욱 관심이 높아지고 있다. 선량율에 따라 고선량율과 저선량율로 구별하며 약 30년 전부터 고 선량율 근접방사선 치료가 시행되고 있다. 조직내 방사선 치료에 있어서 아직까지 일회 조사선량 및 총 방사선량에 대한 확실한 기준이 없는 상태이다. 그러나 방사선 안전관리의 문제, 시술자의 방사선 노출 및 환자격리

등의 측면에서 장점을 갖고 있어 고 선량율 치료의 사용이 지속적으로 증가하고 있다. 특히 사지연부조직의 경우 신체 기능을 보존할 수 있는 제한적인 수술에 대한 관심이 집중되면서 수술 후 방사선 치료의 역할이 커졌고 또한 방사선량을 증가 시키면서 피부 및 피하조직의 섬유화와 같은 만성 부작용을 감소시킬 수 있는 근접방사선치료의 사용이 증가하고 있다.

이러한 치료방법으로 얻은 치료의 효율성은 몇 가지 기술적인 그리고 방사선물리학 및 생물학적인 면이 기여를 했다고 본다. 첫째로, 수술 시 정형외과 의사와 치료방사선과 의사 그리고 근접치료담당 방사선사가 같이 참여함으로써 종양부위의 보다 정확한 위치확인 및 카테터 삽입이 가능하여 방사선치료의 계획수립에 도움을 줄 수 있었다. 둘째로, 근접자입 방법을 적용하여 방사성동위원소를 병변 부위에 직접 위치시킴으로서 외부방사선치료 단독 시에 비해 고 위험부위에 보다 정확하고 많은 방사선량의 조사가 가능하며, 동시에 주위의 방사선 손상을 입기 쉬운 정상조직을 최대한으로 보호할 수 있다는 것이다. 이는 외부방사선 치료에 대한 근접자입 방사선치료의 탁월한 장점인 방사선 선원의으로부터 거리가 멀어질수록 급격한 방사선 선량의 감소를 보이는 물리적 특성에 기인한다. 셋째로 수술 후 수일 이내에 방사선 치료를 시행함으로써 상처치유 과정 중에서 발생하는 섬유화에 의한 종양세포의 저 산소화를 피할 수 있어 방사선 감수성보다 예민한 상태에서 방사선 치료를 시행할 수 있다는 방사선생물학적 장점을 이용하는 것이다. 넷째로, 근접자입 방사선 치료에 외부방사선치료를 병용함으로써 병변 부위로부터 충분한 거리를 두고 치료를 할 수 있어 변연부재발(marginal recurrence)의 위험을 낮출 수 있었다.

사지연부육종 환자들에 있어서 보존적 수술과 근접자입 방사선치료는 높은 국소 제어율과 함께 해부학적, 기능적, 그리고 미용적인 측면에서 환자의 삶의 질의 향상을 줄 수 있는 치료 방법으로 사료된다. 또한 5회에서 6회의 치료동

안 환자의 움직임에 의한 카테터의 위치가 변하지 않도록 카테터의 끝을 표시한 후 매 치료 때마다 확인을 하여 치료를 하는 것이 매우 중요하다. 그리고 본 연구에서 피부표면선량 평가가 이루어지지 않은 초기의 환자 중 3명에게서 치료부위의 피부 합병증이 나타났지만 열형광선량계(TLD)를 이용하여 피부표면선량을 평가하여 치료계획 변경이 이루어진 환자들에게서는 아무런 피부 합병증이 나타나지 않았다. 이에 보다 세밀한 치료계획과 적극적인 선량평가가 이루어져 과도한 피부선량으로 인해 생기는 합병증을 최소화하는 것이 필요하다.

## V. 결 론

본 연구에서는 대상 환자들에 대하여 사지절단술 또는 사지의 기능 유지가 어려울 것으로 예측되는 광범위 절제술을 적용하는 것이 불가피 하였을 것으로 판단된다. 이러한 환자들을 대상으로 사지 보존수술을 고선량을 조직내 근접자입 방사선치료(interstitial brachytherapy)와 함께 적용하는 것이 높은 국소종양 제어율과 함께 사지의 기능을 유지시킬 수 있는 효과적인 치료방법으로 사료되었다. 조직내 근접자입 방사선치료는 종양부위에 고 선량의 방사선을 집중조사하고 주위 정상조직에 미치는 방사선량을 줄일 수 있는 방법이다. 하지만 사지연부육종(extremity soft-tissue sarcoma)수술시 카테터의 조직내 위치에 따라 피부표면선량의 과다로 인해 피부합병증의 발생할 수 있다. 이때 열형광선량계를 이용하여 피부에 미치는 피부표면선량을 측정 후 재평가하여 방사선량을 조절함으로써 방사선 과다조사로 인한 피부합병증의 위험을 더욱 낮출 수 있음을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

1. Suit HD, Russel WO, Martin R. Management of patients with soft tissue sarcoma in an extremity. *Cancer* 1973 ; 31 : 1247- 1225
2. Lindberg RD, Martin RG, Romsdahl MM, Barkey HT. Conservative surgery and postoperative radiotherapy in 300 adults with soft tissue sarcomas. *Cancer* 1981 ; 47 : 391-2397
3. Harrison LB, Franzese F, Gaynor JJ, Brennan MF. Long-term results of a prospective randomized trial of adjuvant brachytherapy in the management of completely resected soft tissue sarcomas of the extremity and superficial trunk. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993 ; 27 : 259-265
4. Suit HD, Mankin HJ, Wood WC, Proppe KH. Preoperative, intraoperative, and postoperative radiation in the treatment of primary soft tissue sarcoma. *Cancer* 1985 : 53 : 1385-1392
5. Pisters PWT, Harrison LB, Leung DHY, Woodruff JM, Casper ES, Brennan MF. Long-term result of a prospective randomized trial of adjuvant brachytherapy in soft tissue sarcoma. *J Clin Oncol* 1996 ; 14 : 859-868
6. Gemer LS, Trowbridge DR, Neff J, Lin F, Reddy E, Evans RG, Hassanein R. Local recurrence of soft tissue sarcoma following brachytherapy. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1991 ; 20 : 587-488
7. Nag S, Porter AT, Donat D. The role of high dose rate brachytherapy in the management of adult soft tissue sarcomas. In Nag S, ed. *High Dose Rate Brachytherapy-A Text-book-New York : Futura Publishing Company* 1994 : 393-398
8. Donath D, Clark B, Kaufmann C, et al. Postoperative adjuvant high dose rate brachytherapy in the treatment of poorprognosis soft tissue sarcomas. *Endocurie/Hypertherm Oncology* 1993 ; 9 : 48(abstract)