

골 육종의 단순 방사선 사진과 자기공명영상 사진의 부피계측에서 재현성의 비교

문성환 · 신규호 · 서진석* · 한수봉

연세대학교 의과대학 정형외과학교실, 진단방사선학교실*

목 적 : 골 육종에서 수술 전 항암화학요법을 시행한 후의 부피변화는 예후를 예측할 수 있는 중요한 인자이다. 부피 변화를 측정하는 모든 측정방법은 적절한 재현성을 가져야 한다. 본 연구는 골 육종의 단순 방사선사진과 자기공명영상사진에서 부피의 계측시 관찰자내 및 관찰간의 재현성에 대해 알아보기 하였다.

대상 및 방법 : 사지에 발생한 41명의 골 육종 환자를 대상으로 하였으며 모든 환자는 수술 전 항암화학요법(정맥투여 Adriamycin, 동맥투여 Cisplatin, 3주기) 전 후에 단순 방사선 및 자기공명영상 촬영을 실시하였다. 타원체 공식을 이용한 부피계측은 단순 방사선사진과 자기공명영상사진에서 종양의 최대 길이, 최대 폭, 최대 깊이를 이용하여 구하였다. 3차원적 부피계측은 자기공명영상의 각 영상을 스캐닝하여 3차원적 부피계측 프로그램(MatLab, MatWork Inc, Natick, MA, USA)을 이용하였다. 각 측정방법의 변이계수(Coefficient of Variation)를 구하고 서로를 비교하였다.

결 과 : 단순 방사선사진의 타원체 공식을 이용한 종양의 부피계측에서 항암화학요법 전 관찰자내 변이는 9.4%, 관찰자 간 변이는 11.7%, 항암화학요법 후 관찰자내 변이는 8.1%, 관찰자간 변이는 9.3%였다. 자기공명영상사진의 타원체 공식을 이용한 부피계측에서 관찰자내 및 관찰자간의 변이는 T1강조영상에서 항암화학요법 전 7.3%와 7.9%, 항암화학요법 후 7.6%, 8.2%, T2강조영상에서 항암화학요법 전 6.7%와 7.1%, 항암화학요법 후 6.5%, 7.6%, 조영증강 T1강조영상에서 항암화학요법 전 7.8%와 8.5%, 항암화학요법 후 8.2%, 8.7%였다. 3차원적 부피계산법에 의한 자기공명영상사진의 부피계측에서 관찰자내 및 관찰자간의 변이는 T1강조영상에서 항암화학요법 전 2.4%와 3.2%, 항암화학요법 후 2.7%, 3.4%, T2강조영상에서 항암화학요법 전 1.2%와 1.4%, 항암화학요법 후 1.3%, 1.4%, 조영증강 T1강조영상에서 항암화학요법 전 3.8%와 4.5%, 항암화학요법 후 3.1%, 4.6%였다.

결 론 : T2강조영상사진에서 3차원적 부피계산법을 이용한 부피계측이 변이계수가 가장 낮아 재현성이 가장 높았으며, 수술 전 항암화학요법 후 통계학적으로 의미있는 부피의 변화는 치료 전 종양부피의 4.2% 이상의 부피 증가 혹은 감소이었다.

색인 단어 : 골 육종, 부피계측, 재현성, 자기공명영상

서 론

골 육종 환자에서 수술 전 항암화학요법의 등장으로 극적인 예후의 호전이 있었으며 수술요법에서도 생존성의 향상으로 사지 구제술이 차지하는 비율이 증가하였다^{1,3,10,13)}. 골 육종 환자에서 수술 전 항암화학요법을 시행하고 수술한 후 병소부위의 조직병리학적 검사에서 종양세포의 괴사 정도에 따라 수술 전 항암화학요법의 효과를 알 수 있고 이러한 항암화학요법의 효과는 환자의 생존율에 지대한 영향을 미치는 가장 중요한 요인이다^{4,8,9,15,16)}. 골 육종의 예후에 영향을 미치는 요인들로는 나이, 성별, 종양 위치, 종양의 크기, 증상의 기간, 조직학적 세 분류, 종양의 악성도 및 병기(stage), 수술 전 항암화학요법 후의 종양

의 괴사율 등이 있다^{2,4,5)}. 이 중에서 종양의 크기는 불충분한 영상 진단으로 예후 판정 연구에서 제외된 경우가 많았다. 골 육종의 부피계측에는 단순 방사선사진, 전산화 단층촬영, 자기공명영상 등이 이용되고 있으나 현재까지의 연구에서 각각의 측정방법에 대한 재현성을 비교한 보고는 없었다.

본 연구의 목적은 골 육종의 예후 인자의 하나인 내원 초기의 종양 부피와 수술 전 항암화학요법 후의 종양의 부피 변화를 계측함에 있어 단순 방사선 사진과 자기공명영상의 각 영상들에서 관찰자내 및 관찰자간의 재현성을 알아보고 또한 부피 계측 방법에 따른 재현성을 알아보아 어떠한 영상과 어떠한 방법을 이용한 부피 계측이 가장 재현성이 높은지를 알아보고 골 육종의 추시 연구에 이용하고자 함이다.

통신저자 : 신 규 호

서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 정형외과학교실
TEL: 02-361-5640, 5650 · FAX: 02-363-1139
E-mail: qshin@yumc.yonsei.ac.kr

대상 및 방법

1993년 10월부터 1997년 12월까지 수술 전 항암화학요법을

시행하고 수술적 치료를 받은 41예의 골 육종 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자는 사지에 발생한 원발성 골 육종으로 조직 검사에서 악성 골 육종으로 진단되었고, 진단 당시 전이가 없었던 경우를 대상으로 하였으며 모든 대상 환자들은 내원 시 병소 부위의 전 후면 및 측면 단순 방사선사진, 자기공명영상촬영을 하였으며 항암화학요법(정맥투여 Adriamycin, 동맥투여 Cisplatin, 3주기) 후 단순 방사선 사진, 자기공명영상 검사를 다시 시행하였다.

단순 방사선사진에 의한 골 육종 부피계측은 전후면 사진에서 투영된 종양의 최대 길이(a), 최대 폭(b)을 구하고 측면 사진에서 종양의 최대 깊이(c)를 구한 다음 타원체 체적공식[$V = (\pi/3)abc$]을 이용하여 구하였다²⁾. 이때 단순 방사선사진 상 투영된 영상의 확대를 교정하였다.

자기공명영상사진에 의한 골 육종의 부피 계측은 각 영상(T1 강조영상, T2강조영상, 조영증강 T1강조영상)에서 종양의 최대 길이, 최대 폭, 최대 깊이를 구한 다음 타원체 체적공식[$V = (4\pi/3)abc$]을 이용하여 구하였다.

자기공명영상의 각 영상을 스캐닝한 다음 3차원적 부피 계측 프로그램(MatLab, MatWork Inc, Natick, MA, USA)을 이용하여 스캐닝된 평면 영상에서 종양과 정상 조직의 경계를 컴퓨터 화면상에서 커서를 사용해 수동적으로 구분하였다. 각 평면 영상의 단위자의 화소(pixel) 수를 계산한 뒤 종양 영역의 화소 수를 계산하여 절대 면적을 계산하였다. 각각의 계산된 면적을 합쳐 다음의 공식에 의하여 체적을 구하였다.

$$V = \frac{1}{3} h S_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{1}{2} h (S_i + S_{i+1}) \right) + \frac{1}{3} h S_n$$

(h : thickness, n : slice number, S : surface area)

이 모든 부피계측의 연산은 컴퓨터 상에서의 일련의 과정을 통한 자동 연산 프로그램으로 계산하였으며 모든 부피는 cm^3 으로 표시하였다.

각 부피 계측법에 의한 관찰자간 변이를 계산하기 위하여 3인의 독립된 관찰자가 동일한 방사선 사진과 자기공명영상 사진으로 정의된 3가지 부피계측을 시행하였다. 관찰자내 변이를 계산하기 위하여 동일한 관찰자가 각기 다른 방사선 사진과 자기공명영상사진으로 정의된 3가지 부피계측을 시행하였다. 관찰자간 및 관찰자내 변이는 변이계수(coefficient of variation(CV)) = $100 \times \text{standard deviation}/\text{mean}$)로 계산하였다. 모든 결과는 통계 프로그램인 SPSS (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다.

각 부피계측법의 관찰자간 및 관찰자내 변이를 비교하여 가장 재현성이 우수한 부피 계측법 및 영상 종류에서 통계학적 오차 이상의 부피 변화를 제시하여 수술 전 항암화학요법 이후의 종양 부피 변화를 객관성 있게 정의하였다.

결 과

항암화학요법 전의 타원체 공식을 이용한 단순 방사선사진의 종양 부피계측에서 관찰자내 변이는 9.4%, 관찰자간 변이는 11.7%이었다. 타원체 공식을 이용한 자기공명영상사진의 종양 부피계측에서 T1강조영상의 경우 관찰자내 변이는 7.3%, 관찰자간 변이는 7.9%이었으며 T2강조영상의 경우 관찰자내 변이는 6.7%, 관찰자간 변이는 7.1%, 조영증강 T1강조영상의 경우 관찰자내 변이는 7.8%, 관찰자간 변이는 8.5%이었다. 자기공명영상사진에서 3차원적 부피 계산법에 의한 부피 계측상 T1강조영상의 경우 관찰자내 변이는 2.4%, 관찰자간 변이는 3.2% 이었으며, T2강조영상의 경우 관찰자내 변이는 1.2%, 관찰자간 변이는 1.4%, 조영증강 T1강조영상의 경우 관찰자내 변이는 3.8%, 관찰자간 변이는 4.5%이었다(Table 1).

항암화학요법 후에 단순 방사선사진과 자기공명영상검사를 재 시행하였고 이 영상을 위와 같은 방법으로 종양 부피계측을 하여 관찰자내 및 관찰자간 변이를 구하였다. 타원체 공식을 이용한 단순 방사선 사진의 종양 부피계측에서 관찰자내 및 관찰자간 변이는 각각 8.1%, 9.3%였다. 타원체 공식을 이용한 자기공명영상사진의 종양 부피계측에서 관찰자내 및 관찰자간 변이는 T1강조영상에서 7.6%, 8.2%, T2강조영상에서 6.5%, 7.6%, 조영증강 T1강조영상에서 8.2%, 8.7%였다. 자기공명영상사진의 3차원적 부피 계산법에 의한 계측상 관찰자내 및 관찰자간 변이는 T1강조영상에서 2.7%, 3.4%, T2강조영상에서 1.3%, 1.4%, 조영증강 T1강조영상에서 3.1%, 4.6%였다(Table 2).

상기의 결과에서 관찰자내 및 관찰자간 변이가 가장 낮은, 즉 재현성이 가장 높은 자기공명영상 T2강조영상사진에서 3차원적 부피계산법을 이용하여 통계학적으로 의미 있는 부피변화의 한계치를 계산하였다. 관찰자내(1.2%) 및 관찰자간 변이(1.4%) 중 최대치의 3배 이상의 부피변화(mean±3 standard deviation)는 측정 방법에 의한 오차의 한계를 벗어남으로(p<0.01) 입상적으로 유의한 부피 변화라고 정의할 수 있다. 본 연구에서 자기공명영상검사의 T2강조영상에 의한 3차원적 부피계산법을 이용한 경우 항암화학요법 후 4.2% 이상의 부피 증가나 감소가 있으면 유의한 부피 변화라고 정의할 수 있다.

Table 1. Intra- and inter-observer variability (coefficient of variation %) in three volumetric methods in prechemotherapy image

	X-ray*			MRI E†			MRI 3D‡		
	T1WI	T2WI	GdEl	T1WI	T2WI	GdEl			
Intra-observer CV§	9.4	7.3	6.7	7.8	2.4	1.2	3.8		
Inter-observer CV§	11.7	7.9	7.1	8.5	3.2	1.4	4.5		

* Plain radiographic volume measurement with ellipsoid formula; † Volume measurement with magnetic resonance imaging and ellipsoid formula; ‡ Volume measurement with magnetic resonance imaging and three dimensional summation; § Coefficient of variation ($100 \times \text{standard deviation}/\text{mean}$) %.

Table 2. Intra- and inter-observer variability (coefficient of variation %) in three volumetric methods in postchemotherapy image

	X-ray*(%)		MRI E [†] (%)		MRI 3D [‡] (%)		
	T1WI	T2WI	GdEl	T1WI	T2WI	GdEl	
Intra-observer CV [§]	8.1	7.6	6.5	8.2	2.7	1.3	3.1
Inter-observer CV [§]	9.3	8.2	7.6	8.7	3.4	1.4	4.6

*: Plain radiographic volume measurement with ellipsoid formula; [†]: Volume measurement with magnetic resonance imaging and ellipsoid formula; [‡]: Volume measurement with magnetic resonance imaging and three dimensional summation; [§]: Coefficient of variation (100× standard deviation /mean) %.

타원체 공식에 의해 계산된 41명의 단순 방사선사진상의 종양 부피는 $118.0 \pm 10.9 \text{ cm}^3$ (mean \pm SEM)였으며 타원체 공식에 의해 계산된 자기공명영상 검사상의 종양 부피는 T1강조영상의 경우 $210.2 \pm 26.9 \text{ cm}^3$, T2강조영상의 경우 $233.2 \pm 26.9 \text{ cm}^3$, 조영증강 T1강조영상의 경우 $275.8 \pm 34.3 \text{ cm}^3$ 였다. 3차원적 부피 계산법에 의한 자기공명영상의 종양 부피는 T1강조영상의 경우 $242.6 \pm 29.2 \text{ cm}^3$, T2강조영상의 경우 $263.2 \pm 28.5 \text{ cm}^3$, 조영증강 T1강조영상의 경우 $312.6 \pm 39.3 \text{ cm}^3$ 였다. 41명의 환자군에서 단순 방사선사진과 자기공명영상사진에 의해 계측된 종양 부피의 비교에서 단순 방사선사진에서 타원체 공식에 의해 측정된 부피가 가장 적게 측정되었다($P<0.05$). 자기공명영상사진에서 3차원적 부피 계측에 의해 측정된 부피에서는 T1강조영상, T2강조영상, 조영증강 T1강조영상 사이에 통계학적으로 의의 있는 차이는 없었으나 조영증강 T1강조영상에서의 부피 계측이 높은 수치를 보였다.

고찰

골 육종의 종양 부피의 측정으로 진단 초기의 종양 크기를 알 수 있으며 수술 전 항암화학요법시행 후 종양의 부피 변화를 조사함으로서 종양의 조직병리학적 반응도 간접적으로 예측할 수 있다^[2,5]. 현재까지 발표된 골 육종 부피와 예후에 관한 논문 중에서 측정 방법의 관찰자내 및 관찰자간 변이를 포함하는 재현성을 취급한 것은 없었다^[7,11,14].

예후에 가장 중요한 인자인 수술 전 항암화학요법에 대한 종양의 조직병리학적 반응은 수술 시에 절제한 종양 조직의 검사에서만 판정이 가능함으로 반드시 수술까지 기다려야만 한다^[5,15]. 조기에 종양의 항암화학요법에 대한 반응을 간접적으로 알아보기 위한 영상 진단법에는 단순 방사선사진, 전신 골 주사, 혈관 조영술, 전산화단층촬영 그리고 가장 최근에는 자기공명영상검사 등이 있다^[2,5,14]. 전신 골 주사, 혈관 조영술 그리고 자기공명영상의 신호 변화 등은 종양의 부피보다는 종양 자체의 생물학적 활성의 변화를 반영하는 것이고^[5,12] 단순 방사선사진, 전

산화 단층촬영, 자기공명영상 등을 종양의 부피 변화를 계측하는 방법이다^[2,5,14]. 단순 방사선사진에 의한 종양의 부피계측은 투영된 골성 조직만을 반영하고 확대된 영상을 이용하여 3차원적 부피계측이 아니라 최대 길이, 폭, 깊이를 이용한 타원체 공식에 의한 부피 계산이기 때문에 종양의 절대 부피를 계측했다고 볼 수는 없다. 전산화 단층 촬영에 의한 3차원적 부피 계측은 골성 종양 조직인 경우의 정확도는 높겠지만 역시 연부 조직의 종양부피의 계산에는 한계가 있다. 이에 비하여 자기공명영상 검사는 탁월한 연부 조직 해상도를 가지고 있으며 단층 촬영의 누적에 의한 3차원적 부피 계산이 가능하므로 골 육종의 종양 부피계측에 가장 이상적인 방법이라고 할 수 있다.

이상적인 부피 계측법은 반드시 적절한 재현성 하에서 시행되어야 하며 특히 수술 전 항암화학요법 후의 종양부피의 미세한 변화를 알기 위해서는 관찰자간 및 관찰자내 변이의 한계를 숙지해야만 한다. 본 연구에서는 현재까지 보고된 종양 부피 계측법들의 관찰자간 및 관찰자내 변이를 조사하여 어떠한 방법이 가장 재현성이 높은지를 알아보았다. T2강조영상에서 3차원적 부피계산을 한 경우가 가장 낮은 관찰자간 및 관찰자내 변이를 보였는데 이는 이 방법에 의한 부피 계측이 가장 재현성이 높았다고 할 수 있다. T2강조영상에서 3차원적 부피계산을 한 경우가 가장 낮은 관찰자간 및 관찰자내 변이를 보였던 이유는 T2강조영상에서 정상 조직과 종양 조직의 구분이 가장 확연했기 때문으로 사료된다. 방사선 사진의 경우는 재현성이 가장 낮았는데 이는 투영된 방사선사진상 종양의 경계를 구분하기에는 한계가 있었기 때문일 것이다. 자기공명영상에서 3차원적 부피계측을 힘에 있어 T1강조영상과 조영증강 T1강조영상의 재현성이 T2강조영상에 비해 낮았는데 이는 T1강조영상에서는 정상 조직과 종양조직의 신호 강도가 비슷하여 경계를 정하기가 힘들었기 때문이고 조영증강 T1강조영상에서는 종양 주위의 부종이 과대하게 영상에 반영됨으로써 재현성이 낮아진 것으로 사료된다. 앞으로 종양의 부피에 관한 연구에서는 T2강조영상에서 3차원적 부피계산법을 사용하여 재현성 있는 연구로 인정될 것이다.

항암화학요법 전 후의 방사선 사진에서 각각의 부피계측방법에 따른 관찰자내 및 관찰자간의 변이를 보면 항암화학요법 후 단순 방사선사진의 부피계측에서 관찰자간의 변이가 상당히 감소하였는데 이는 항암화학요법으로 인해 종양조직과 주위의 정상 조직과의 경계를 명확히 구분할 수 있게 되었기 때문으로 사료된다. 이에 반해 자기공명영상사진의 각각의 부피 계측법에서 관찰자내 및 관찰자간의 변이는 항암화학요법 전후에 팔복할 만한 변화는 없었다.

수술 전 항암화학요법에 의한 미세한 종양 부피의 변화에 대한 한계치도 아직 보고된 바가 없었다. Holscher 등^[5]은 주관적으로 치료 전 종양 부피의 5% 이상의 부피 증가나 감소를 보인 경우 의미가 있다고 하였으나 이는 정확한 통계학적 기초 하에 얻어진 한계치는 아니다. 본 연구에서 저자들은 관찰자간 및 관

찰자내 변이에 기초하여 반복 계측치의 평균에서 제 3표준 편차 이상 혹은 이하의 값일 경우를 통계학적으로 의미 있는 부피 변화로 정의하였는데 본 연구에서는 4.2%값이 계산되었다.

결 론

T2강조영상사진에서 3차원적 부피계산법이 가장 낮은 관찰자간 및 관찰자내 변이를 보였으므로 향후 종양부피에 관한 연구에서는 이를 이용하는 것이 좋을 것으로 사료되며 종양 부피 변화의 한계치는 치료 전 종양부피의 4.2% 이상의 부피 증가 혹은 부피감소이었다.

참고문헌

- Bacci G, Picci P, Ferrari S, et al: Primary chemotherapy and delayed surgery for non-metastatic osteosarcoma of the extremities. Results in 164 patients preoperatively treated with high doses of methotrexate followed by cisplatin and doxorubicin. *Cancer*, 72: 3227-3238, 1993.
- Bieling P, Rehan N, Winkler P, et al: Tumor size and prognosis in aggressively treated osteosarcoma. *J Clin Oncol*, 14: 848-858, 1996.
- Burgers JMV, Van Glabbeke M, Busson A, et al: Osteosarcoma of the limbs: report of the EORTC-SIOP 03 Trial 20781 investigating the value of adjuvant treatment with chemotherapy and/or prophylactic lung irradiation. *Cancer*, 61: 1024-1031, 1988.
- Glasser DB, Lane JM, Huvos AG, Marcove RC and Rosen G: Survival, prognosis, and therapeutic response in osteogenic sarcoma -The Memorial Hospital experience-. *Cancer*, 69: 698-708, 1992.
- Holscher HC, Bloem JL, Van Der Woude H-J, et al: Can MRI predict the histopathologic response in patients with osteosarcoma after the first cycle of chemotherapy. *Clin Radiol*, 50: 384-390, 1995.
- Hudson M, Jaffe MR, Jaffe N, et al: Pediatric osteosarcoma: Therapeutic strategies, results, and prognostic factors derived from a 10-year experience. *J Clin Oncol*, 8: 1988-1997, 1990.
- Mail JT, Cohen MD, Mirkin LD and Provisor AJ: Response of osteosarcoma to preoperative intravenous high dose methotrexate chemotherapy: CT evaluation. *Am J Roentgenol*, 144: 89-93, 1985.
- Meyers PA, Heller G, Healey J, et al: Chemotherapy for non-metastatic osteogenic sarcoma: The Memorial Sloan-Kettering experience. *J Clin Oncol*, 10: 5-15, 1992.
- Raymond AK, Chawla SP, Carrasco CH, et al: Osteosarcoma chemotherapy effect: A prognostic factor. *Sem Diag Pathol*, 4: 212-236, 1987.
- Rosen G, Caparros B, Huvos A, et al: Preoperative chemotherapy for osteogenic sarcoma: Selection of postoperative adjuvant chemotherapy based on the response of the primary tumour to preoperative chemotherapy. *Cancer*, 49: 1221-1230, 1982.
- Shirkhoda A, Jaffe N, Wallace S, Ayala A, Lindeil MM and Zornoza J: Computed tomography of osteosarcoma after intraarterial chemotherapy. *Am J Roentgenol*, 144: 95-99, 1985.
- Soderlund V, Larsson SA, Bauer HCF, Brosjo O, Larsson O and Jacobsson H: Use of 99mTc-MIBI scintigraphy in the evaluation of the response of Osteosarcoma to chemotherapy. *Euro J Nucl Med*, 24: 511-515, 1997.
- Stiller CA and Bunch DJ: Trends in survival for childhood cancer in Britain diagnosed 1971-85. *Brit J Cancer*, 62: 806-815, 1990.
- Willings RA, Daddies AM, Payment dB, Carter SC and Primer DJ: The value of computed tomographic measurements in Osteosarcoma as a predictor of response to adjuvant chemotherapy. *Clin Radial*, 49: 19-23, 1994.
- Willem H: Tumor necrosis and prognosis in Osteosarcoma. *Acta Ortho Scand(Supple)*, 273: 126-129, 1997.
- Tinkler K, Beron G, Kotz R, et al: Neoadjuvant chemotherapy for osteogenic sarcoma: Results of a cooperative German/Austrian study. *J Clin Oncol*, 2: 617-624, 1984.

Abstract**Comparison of Reproducibility in Volume Measurement with Plain Radiograph and Magnetic Resonance Imaging of Osteosarcoma**

Seong-Hwan Moon, M.D., Kyoo-Ho Shin, M.D., Jin-Suck Suh, M.D.* , and Soo Bong Hahn, M.D.

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

Purpose : The volumetric change of osteosarcoma after preoperative adjuvant chemotherapy is a significant prognostic factor. It is absolutely necessary that all volumetric measurements must be based on acceptable reproducibility. The purpose of this study was to investigate intra- and inter-observer variability of volumetric measurements, including plain radiography and magnetic resonance image (MRI).

Materials and Methods : Forty-one patients with osteosarcoma of the limb were included in this study. All patients underwent plain radiographs and MRIs before and after preoperative adjuvant chemotherapy (intraarterial Cisplatin and intravenous Adriamycin, 3 cycles). Volume measurement, using ellipsoid formula from maximal length, width and depth of the tumor on plain radiograph and MRI, were calculated. Three dimensional summation of the tumor volume from MRI, with digitized scanner and software (MatLab. MatWork Inc, Natick, MA, USA) was also performed. Coefficient of variation (CV) of each method was compared.

Results : CVs for intra- and inter-observer variability in plain radiograph using ellipsoid formula were 9.4% and 11.7% in prechemotherapy and 8.1% and 9.3% in post chemotherapy. CVs for intra- and inter-observer variability in MRI using ellipsoid formula were 7.3% and 7.9% in prechemotherapy, and 7.6% and 8.2% in postchemotherapy in T1 weighted image (T1WI) , 6.7% and 7.1% in prechemotherapy and 6.5% and 7.6% in postchemotherapy in T2 weighted image (T2WI), and 7.8% and 8.5% in prechemotherapy and 8.2% and 8.7% in postchemotherapy in Gd-DTPA enhanced image (GdEl) . CVs for intra- and inter-observer variability in MRI using three dimensional summation of tumor volume were 2.4% and 3.2% in prechemotherapy and 2.7% and 3.4% in postchemotherapy in T1WI, 1.2% and 1.4% in prechemotherapy and 1.3% and 1.4% in postchemotherapy in T2WI, and 3.8% and 4.5% in prechemotherapy and 3.1% and 4.6% in postchemotherapy in GdEl.

Conclusion : There was higher reproducibility, that is lower CV, in three dimensional summation of tumor volume in T2WI. The statistically significant volume change after chemotherapy was 4.2% decrease or increase in volume compared with its original tumor volume in T2WI.

Key Words : Osteosarcoma, Volume measurement, Reproducibility, MRI

Address reprint requests to

Kyoo-Ho Shin, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine
134 Shinchon-dong, Seodaemun-ku, Seoul 120-752, Korea
Tel : +82-2-361-5640, 5650, Fax : +82-2-363-1139
E-mail: qshin@yumc.yonsei.ac.kr