대한영상의학회지 2008;58:313 - 320

양성과 악성 근골격 질환에서 역동적 관류 자기공명영상의 진단적 유용성[1]

최병규[1,2] · 이상훈 · 차지현 · 김성문 · 신명진 · 한 헌[2] · 김삼수[2] · 이지연[2] · 전용환[2]

목적: 양성과 악성 근 골격 질환에서 역동적 관류 자기공명영상의 진단적 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법: 3.0 T 자기공명 영상 장비를 이용하여 32명의 여성과 30명의 남성 환자(나이 10 - 90세, 평균 43세)들을 대상으로 하였다. 고식적 조영증강 전 영상을 얻고, 조영증강 후 병변의 11 단면에서 총 638개의 역동적 관류 자기공명 영상을 얻었다. 28개의 병변은 골성 병변이었고(8 양성, 20 악성), 34개는 연부조직 병변이었다(22 양성, 12 악성). 모든 환자에서 최종 진단은 조직병리학적으로 확진되었다. 양성과 악성 병변을 구분함에 네 가지의 매개변수 (maximal relative enhancement (MRE), time to peak (TTP), wash in rate (WI) 그리고 steepest slope (SS))와 시간신호강도 곡선 모양의 분포를 분석하였다.

결과: 악성 병변의 TTP, WI, 그리고, SS 값은 통계적으로 유의하게 양성 병변과 차이를 보였으나 ($p < 0.05$), MRE 값은 유의한 차이를 보이지 않았다. TIC 형태 분석도 병변의 악성 여부를 판정하는데 도움이 되었다.

결론: 역동적 관류 자기공명 영상은 악성과 양성 근골격 질환을 구별하는데 도움이 되었다.

자기 공명 영상(MRI)은 다평면 영상 방법이며 연부조직의 대조가 좋아 근골격질환의 연구에 널리 사용되어 오고 있으며 병변의 크기, 범위, 및 혈관과의 관계와 같은 병변의 특징을 결정함에 초음파와 컴퓨터 단층촬영보다 우위에 있는 것으로 밝혀져 있다(1 - 3). 하지만, Crim 등(3)은 MRI가 병변의 범위를 보는 데는 도움이 되지만 양성과 악성 병변들을 구분하는 데는 부정확하다고 보고하였다. 최근 들어 역동적 조영증강 관류 자기 공명 영상기법이 근골격 질환의 연구에 자주 사용되었다. 이 기법을 이용하여 병변 내부의 선택된 관심영역(region of interest, ROI)의 시간 - 신호강도 곡선(time intensity curve, TIC)의 기울기를 계산하여 양성과 악성 근골격 질환의 정량적 평가가 가능해졌다. Erlemann 등(6)은 기울기 값 측정으로 병변의 악성 여부를 약 80%의 정확도로 평가할 수 있는 것으로 보고 하였고, 비슷한 정도의 정확도로 골육종과 Ewing 육종의 환자에서 수술 전 항암치료에 대한 반응 여부를 보고하였다(5).

1994년에 Verstraete 등(7)은 비록 과혈관성 양성 및 악성 병변에서는 중복되는 면이 있었지만, 역동적 관류 자기공명영상으로부터 first - pass data를 얻어 근골격 병변의 조직 혈관화와 관류 등을 평가하여 보고 하였다. 그러나, 이전 연구들은 모두 병변의 한 단면에서만 시행되었고, 여러 단면에서 역동적 관류 자기 공명영상을 획득하여 평가한 보고는 없었다.

본 연구는 양성과 악성 근골격 병변에서 관류 특성을 분석함에 최대 상대 조영증강(maximal relative enhancement, MRE), time to peak (TTP), wash in rate (WI), steepest slope (SS), 그리고, 조영제의 first pass에서의 TIC의 모양을 연구하기 위해 시행되었다. 본 연구에서 저자들은 위 네 가지 매개변수들과 시간 신호강도 곡선의 분포를 분석하여 양성 및 악성 근골격 병변에서 역동적 관류 자기 공명 영상의 진단적 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법

환자군

백 명의 환자들이 양성과 악성 근골격 병변의 자기 공명 영상 평가의 한 부분으로서 역동적 관류 자기 공명 영상을 시행받았고, 이들 중 62명의 환자들(남 30, 여 32; 10 - 90세, 평균 43세)이 영상 유도하 생검 혹은 수술을 통하여 병리학적으로 확진되었다. 이 중 28 병변은 뼈에서 생긴 병변이었고(8 양성,

[1]울산의대 서울아산병원 영상의학과
[2]강원대학교 의과대학 영상의학과
이 논문은 2007년 8월 16일 접수하여 2007년 12월 26일에 채택되었음.

20 악성), 34 병변은 연부조직에서 생긴 병변이었다(22 양성, 12 악성). 연부조직에서 생긴 병변에서 섬유종증은 양성 종양으로 분류하였다.

MR 영상

MR 영상은 3.0 T(Achieva 3.0T X-series; Version release 2.0, Philips, Netherlands) system을 이용하여 시행되었다. 병변의 위치와 형태학적 특성을 알고자 고식적인 MRI series(축상, 시상, 관상면의 spin-echo T1, T2, 그리고, 지방 억제 T2 강조영상)가 시행되었다. 고식적인 방법의 조영증강 전 영상을 얻은 이후에, T1 강조 경사자장 (연쇄(sequence))를 이용하여 다음과 같은 방법으로 조영증강 후의 역동적 검사를 시행하였다(58 short T1-weighted fast field-echo 연쇄 (FFE) (TR/TE=7.4/3.9, flip angle=25°, field of view=200-250 mm; section thickness=5 mm without intersection gap in every 5 seconds)). 이러한 기법을 이용하여 320초 동안 병변의 11 평면에서 638개의 영상을 얻었다. 우측 혹은 좌측 전주정맥 에 미리 넣어두었던 12 gauge 정맥 내 도관을 통하여 초당 3 mL 의 주사 속도로 a bolus of gadopentate dimeglumine(DOTA; Schering, Berlin, Germany; 0.1 mmol/kg body weight)를 강력 주사기(SPECTRIS; MEDRAD, Pittsburgh, U.S.A.)를 이용하여 빠른 속도로 투여하였다. 역동적 영상은 조영제 투여가 시작되자마자 바로 시작되었다. 역동적 검사를 시행한 후 지방 억제 기법의 T1 강조영상을 이용하여 조영증강 전의 고식적 영상과 같은 평면으로 영상을 획득하였다.

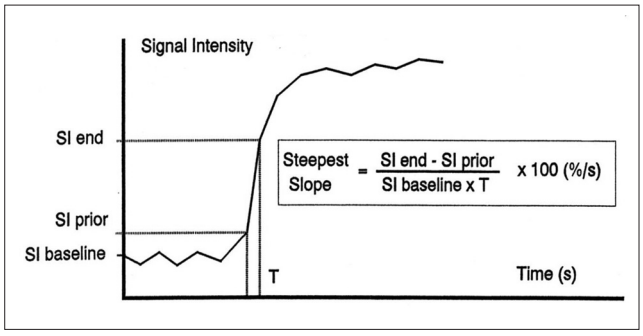


Fig. 1. In a time-intensity curve, the temporal change of the signal intensity in a region of interest (ROI) is plotted against time. The steepest slope represents the highest enhancement during first pass and is mainly determined by tissue vascularization and perfusion.

자료 분석

MRE, WI, 그리고 TTP 값은 소프트웨어 시스템(software system)에 의해 자동으로 계산되었고 색 영상으로 표시되었다. 각 병변의 가장 빨리 조영증강 되는 부분과 영상에 포함된 동맥에서 관심영역을 그린 후 각각의 신호 강도를 측정하였다. 관심영역은 원형 혹은 타원형으로 검사자에 의해 위치가 결정되었다. Software system(Philips)을 이용하여 관심영역에서 측정된 신호강도 값을 시간에 따라 좌표로 표시된 TIC를 얻을 수 있었다(Fig. 1). TIC의 기준값(SIbase)은 처음 세 영상에서 측정된 평균값으로 계산되었고, 최고 신호 강도 값(SImax)은 조영제의 첫 번째 통과 동안의 가장 조영 증강이 많이 되는 값으로 정의되었다. 상대적으로 곡선의 기울기가 가장 급격한 지점에서 곡선의 시작과 끝 지점의 신호강도 값을 SIprior and SIend 로 정의 하였고, 시간(T)은 SIprior 와 SIend 사이의 시간으로 정하였다. 역동적 영상의 분석에 우리는 네 가지의 매개 변수를 사용하였는데, 이들 중 MRE, WI, 그리고, TTP 값들은 software system에 의해 자동적으로(자동으로) 계산하여 표시할 수 있었으며 SS 값은 Buadu 등(8)에 의해 제시된 다음과 같은 수식으로 계산하였다(SS = ((SIend - SIprior)/SIbase × T)) × 100 (%/sec)). 위 방법으로 얻어진 각각의 매개 변수 값들에 대하여 nonparametric test를 이용하여 양성과 악성 병변에서의 차이를 알아보았고, 각의 변수들에 대한 민감도, 특이도, 양성 및 음성 예측도를 알아보기 위해 ROC 분석을 시행하였다.

시간 신호강도 곡선들은 Osamu 등(9)이 제시한 방법으로 다섯 가지 형태로 나누었는데 (Fig. 2), Type A는 거의 평평한 모양으로 보이는 경우, Type B는 점진적으로 증가하는 곡선을 보이는 경우, Type C는 초기에 빠르게 상승하였다가

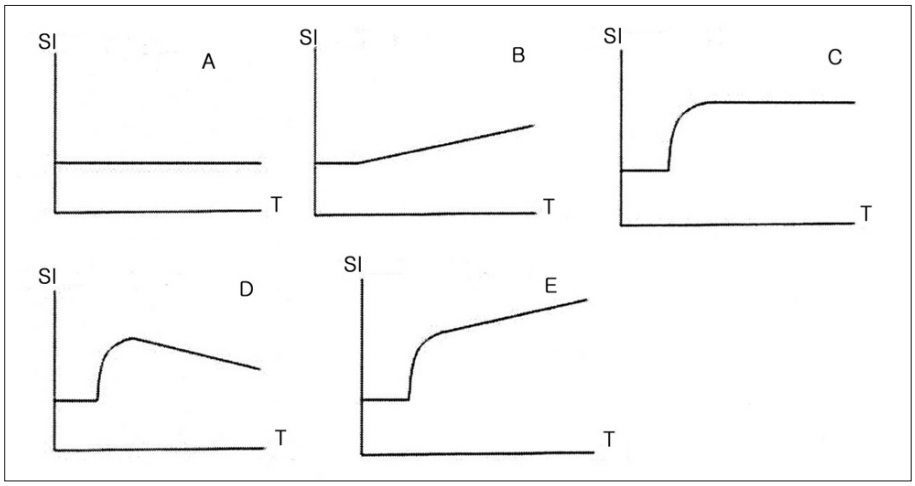


Fig. 2. Five types of time intensity curve plotted from a dynamic perfusion MR imaging of the musculoskeletal lesions. (SI: signal intensity, T: time)

(wash - in) 최고치에 다다른 후 평탄역(plateau)을 보이는 경우, Type D는 초기 짧은 시간 내에 최고치에 다다른 후 (wash - in) 점점 시간에 따라 값이 떨어지는(wash - out phase) 경우, Type E는 초기의 빠른 상승 이후에 또다시 점진적으로 상승하는 경우였다. 이들 중 type A와 B는 양성 양상으로 간주 하였고, type C - E는 악성 양상으로 간주하였으며, TIC 분석을 이용한 양성 및 악성 병변들 사이의 민감도, 특이도, 양성 및 음성 예측도를 알아보았다.

Table 1. Benign and Malignant Lesions

Malignant Lesions (n = 32)	
metastasis	(n = 8),
osteosarcoma	(n = 5),
extraskeletal sarcomas	(n = 4),
lymphoma	(n = 4),
malignant fibrous histiocytoma	(n = 4),
dermatofibrosarcoma protuberans	(n = 2),
multiple myeloma	(n = 2),
chondrosarcoma	(n = 1),
hemangiopericytoma	(n = 1),
melanoma	(n = 1).
Benign Lesions (n = 30)	
neurogenic tumor	(n = 8),
hemangioma	(n = 4),
chronic inflammation	(n = 2),
fibromatosis	(n = 2),
lipoma	(n = 2),
stress fracture	(n = 2),
simple bone cyst	(n = 1),
fibrous dysplasia	(n = 1),
giant cell tumor	(n = 1),
epidermal cyst	(n = 1),
ganglion cyst	(n = 1),
glomus tumor	(n = 1),
intraosseous lipoma	(n = 1),
enchondroma	(n = 1),
marrow reconversion	(n = 1),
cavernous malformation	(n = 1).

결 과

확진된 양성 (n = 30) 및 악성 (n = 32) 병변은 Table 1과 같다. 각 환자군에서 MRE, TTP, WI, 그리고 SS 값의 범위와 평균은 Table 2와 같다. Levene test를 적용하였을 때 각 그룹의 변수가 정규 분포를 보이지 않아 통계적 유의성을 알아보기 위해 (비지표 검정(nonparametric Mann - Whitney test))를 이용하였다. 이러한 방법을 적용한 결과 악성과 양성 병변 간에 TTP (p = 0.0008), WI (p = 0.0023), 그리고, SS (p = 0.0017) 값은 통계적으로 유의한 차이가 있었고, MRE 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이들 매개변수 값들에 대한 ROC 분석을 시행한 결과 MRE와 SS 값간에 ROC 값 이하영역 사이에만 유의한 차이가 있었고, 나머지 매개 변수 간에는 의미 있는 차이는 보이지 않았다(Table 3, Fig. 3). 역치 값을 7.4로 하였을 때 SS 값의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 그리고, 정확도는 각각 97%, 57%, 70%, 94%, 그리고 77%였고, 역치 값이 26일 때, WI 는 각각 91%, 57%, 69%, 85%, 그리고 74%였다. 역치 값을 224로 하였을

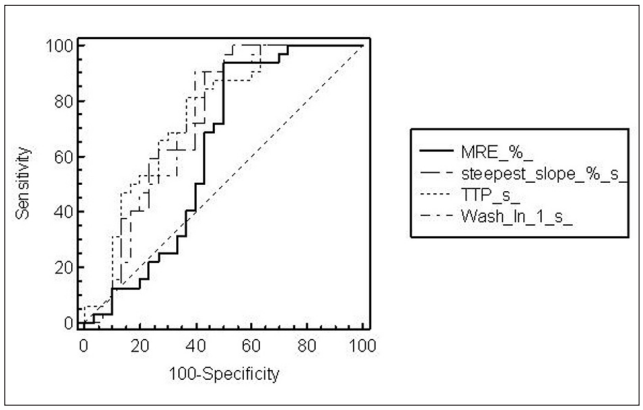


Fig. 3. Results of ROC curve Analysis for four parameters

Table 2 Range of Values and Mean Values of Perfusion Parameters

Parameter	Benign		Malignant		P-value
	Range	Mean	Range	Mean	
MRE (%)	3.9 - 764.1	229.56	98.4 - 725.1	272.5	0.1115
TTP (s)	15.2 - 307.2	195.3	10.3 - 258.3	107.4	0.0008
WI (1/s)	4.1 - 365.7	64.7	7.4 - 334.1	82.6	0.0023
SS (%/s)	0.09 - 78.99	12.6	2.75 - 70.92	18.9	0.0017

Note.— MRE: maximal relative enhancement, TTP: time to peak, WI: wash in rate, SS: steepest slop)

Table 3. Results of ROC Curve Analysis for Four Parameters

Parameter	Area under the ROC	Criterion	Sensitivity	Specificity	+LR	- LR
MRE	0.618	> 148.4	93.7	50.0	1.87	0.13
TTP	0.748	< 224.5	78.1	63.3	2.22	0.30
WI	0.725	> 23.7	90.6	57.0	2.27	0.16
SS	0.732	> 7.39	97.0	56.7	2.09	0.17

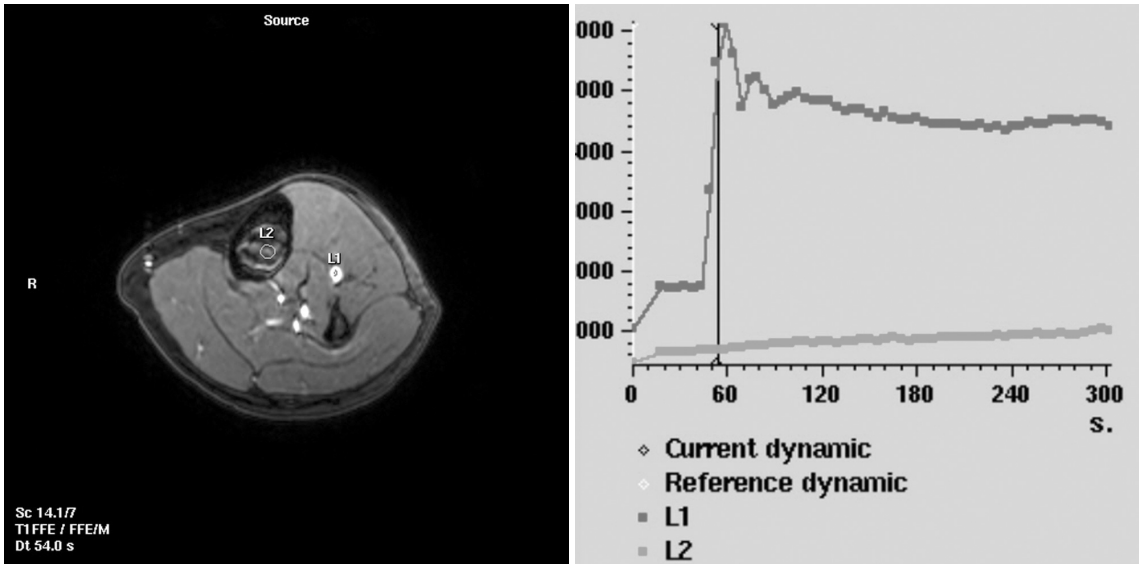
때 TTP 값은 각각 78%, 63%, 69%, 73%, 그리고 71%이었다.

두 명의 영상의학과 의사가 각각 영상 및 결과를 분석하여 TIC 분류에 합의하였다. 양성과 악성 환자군 간에 TIC 모양의 차이를 결정하고자 Fisher 's exact test를 적용 하였다(Table 4). 그 결과 A형과 B형은 양성 환자군에서 유의하게 많았고(p = 0.007 and 0.027)(Fig. 4), D형은 악성 환자군에서 통계적으로 유의하게 많았다(p = 0.0079) (Fig. 5). 반면에 C형과 E형은 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(p > 0.05). TIC 형태에 따른 진단의 민감도, 특이도, 양성 및 음성 예측도, 그

Table 4. Distribution of the Five Types of Time-intensity Curves in Benign and Malignant Musculoskeletal Lesions

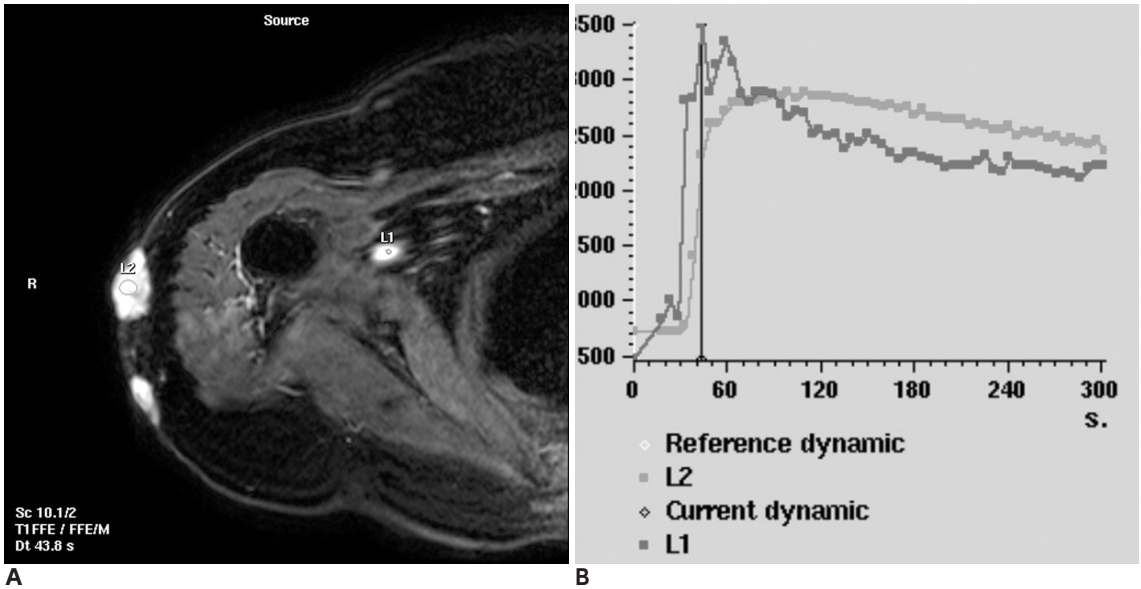
Curve pattern	Benign	Malignant	Total	*P*-value
A	6	0	6	0.010
B	10	1	11	0.002
C	4	9	13	0.215
D	5	17	22	0.004
E	5	5	10	1
Total	30	32	62	

Note.— *p*-values are calculated by Fisher's exact test.



A B

Fig. 4. A 52 year-old woman with histologically proved enchondroma of the tibial shaft. (**A**) Postcontrast T1-FFE sequences shows heterogeneously mild enhancement of the lesion. (**B**) Time intensity curve demonstrates a slowly inclined curve (Type B).



A B

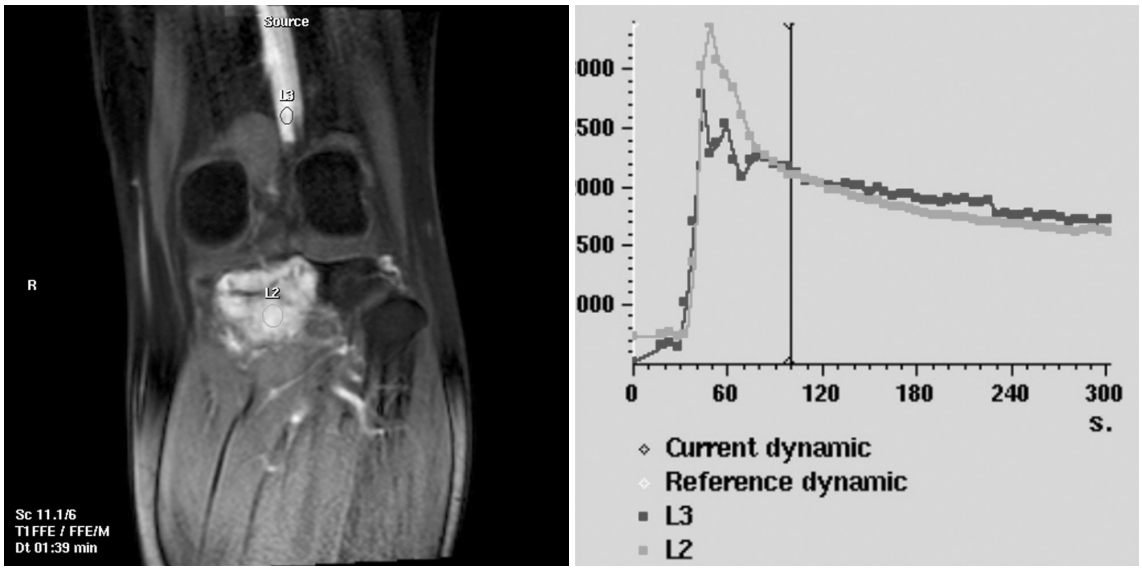
Fig. 5. A 68 year-old woman with histologically proved dermatofibrosarcoma protuberans involving right shoulder. (**A**) Postcontrast T1-FFE sequences shows homogeneously hyperenhancing mass. (**B**) Time intensity curve demonstrates a rapidly rising slope (wash-in) during an initial short period, followed by a wash-out phase (Type D).

리고 정확도는 각각 97%, 53%, 69%, 94%, 그리고 76%이었다.

고 찰

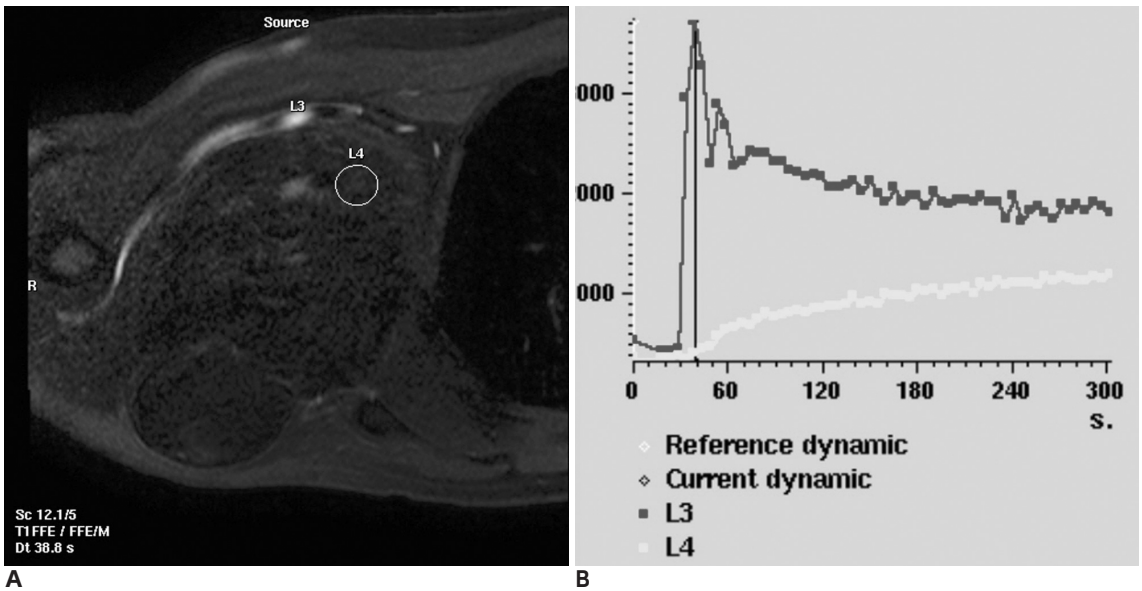
조영증강 유형은 양성과 악성 병변들 사이에 어느 정도 차이가 있는데, 일반적으로 조영 증강은 악성 병변에서 더 현저하지만, 몇몇 양성 종양들, 예를 들면, 혈관종, 화골성 근염, 공격성 섬유종증, 그리고, 거대 세포종 등도 현저한 조영 증강을 보일 수 있는 반면에, 괴사 부분을 포함하는 육종들은 낮은 조영 증강을 보이는 것으로 알려졌다(2, 7, 10). 이러한 중복 되는 부분 때문에 역동적 방법과 정량적 분석 기법의 사용이 필요해졌다.

근골격 질환에서 역동적 관류 자기 공명 영상 기법은 다양한 질환들을 평가하는데 있어 이미 사용되어 왔다(5 - 7, 9 - 18). 그러나 이전이 연구들은 병변의 한 평면에서만 검사를 시행하였다. (초고속 MRI연쇄(Ultra fast MRI sequence))들의 발달로 주기 해상도가 매우 높아졌고, 이를 이용하여 종양 전



A B

Fig. 6. A 22 year-old woman with histologically proved giant cell tumor of the proximal tibia. (**A**) Postcontrast T1-FFE sequences shows strong enhancement of the lesion. (**B**) The lesion is benign, but, time intensity curve demonstrates a rapidly rising slope (wash-in) during an initial short period, followed by a wash-out phase (Type D).



A B

Fig. 7. A 35 year-old man with histologically proved extraskeletal chondrosarcoma in right axilla. (**A**) Postcontrast T1-FFE sequences shows poor enhancement of the lesion. (**B**) The lesion is malignant, but, time intensity curve demonstrates slowly gradual enhancement (Type B).

체를 포함하는 여러 평면에서 역동적 조영증강 자기 공명 영상을 빠른 시간 내에 얻을 수 있었다. 본 저자들은 약 5분의 시간 동안 병변의 11 평면에서 역동적 조영 증강 영상을 얻을 수 있었고, 이는 한 개의 혹은 제한된 평면 수 에서만 영상을 얻어 평가한 과거의 연구들보다 병변의 가장 빨리 조영증강 되는 부분을 찾아 관심 영역을 그리는 데 있어 더욱 도움이 될 수 있다.

정량적 조영 증강 형태를 보았을 때 양성과 악성 근골격 질환들 사이에는 몇몇 차이점들이 있다. 조영 증강은 일반적으로 악성 병변에서 더 현저하지만, 혈관종, 골화 근염, 침습적 섬유종증, 그리고 거대 세포종과 같은 양성 종양들은 높은 조영증강을 보일 수 있는 반면에, 괴사한 육종들은 조영증강이 잘되지 않는 것으로 되어 있다(2, 7, 10). 이러한 점은 본 연구에서처럼 근골격 질환에서 특징적이며, 역동적 관류 영상 분석을 이용하여 양성 및 악성 병변의 차이를 알아본 다른 분야에서의 연구들과는 다른 면을 보인다(19 - 21). 이러한 중복되는 부분들로 인하여 근골격 분야에서 역동적 방법과 정량적 분석이 있게 되었다.

비록 본 연구에서 양성과 악성 병변의 TTP, WI, 그리고, SS 값들이 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나왔지만, 중복되는 부분이 존재하였는데, 몇몇 과혈관성 혹은 과관류성 양성 병변들(예를 들면, 거대세포종, 혈관종, 신경성 종양, 공격성 섬유종증 등) 은 악성 병변의 범위의 값을 가졌고(Fig. 6), 상대적으로 양성 병변의 범위에 해당하는 낮은 매개변수 값을 가지는 악성 종양들(괴사성 종양, 저혈관성 육종 등)도 있었다(Fig. 7). 그리고, 악성 병변들 중 단지 한 증례에서만 양성 TIC 형태를 보였는데, 골 외 연골육종에서 Type B TIC 형태를 보였다. 본 연구에서 양성과 악성 병변에 대한 TIC 분석과 SS 값에 대한 비교에서 민감도와 음성 예측도가 매우 높게 나왔다. 예전의 다른 저자들에 의한 연구들에서 민감도는 91 - 72% 이었다. 병변 전체를 평가할 수 있도록 영상 획득 평면의 수를 늘린 것, 여러 매개 변수들에 대한 color map에 대한 빠른 평가, 그리고 TIC 형태에 대한 빠른 평가 등이 아마도 민감도를 높이는 역할을 한 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 특이도, 양성 예측도, 그리고 정확도 등은 낮았다. 이러한 양성과 악성 병변의 중복 되는 면 때문에 이 매개변수 값들은 병변의 혈관화와 관류에 대한 생리학적 정보를 제공함으로써, 고식적 자기 공명 영상과 다른 영상 기법들, 해부학적, 그리고 임상 양상을 모두 종합하여 가능성 있는 감별 진단의 범위를 좁히는데 이용되어야 한다.

TIC 의 모양에 대한 분석에서 일부 통계학적으로 유의한 차이를 보였는데, A와 B형의 경우는 양성 병변에서 주로 나타났고, D형은 악성 병변에서 더 자주 보였다. 그러나 C와 D형은 양성과 악성 병변에서 큰 차이를 보이지 않아, 결과적으로 TIC의 모양은 양성과 악성 병변을 감별함에 크게 도움이 되지 않는 것으로 나타났지만, 높은 특이도와 음성 예측도로 인하여 병변들을 진단함에 악성 병변들을 감별하는 데는 도움될 것으로 생각된다.

초기 진단외에도 역동적 관류 자기 공명 영상은 종양의 가장 활동적인 부분을 발견하는데 도움이 될 수 있고, 항암치료 동안이나 치료 후 종양의 대사 활동도를 추적 검사하는데 초기 기준으로 삼을 수 있다(22). 또한 잔존 혹은 재발한 종양 조직과 염증성 변화 및 활액종 등과의 감별에 도움이 될 수도 있다. Vanel 등(23, 24)에 따르면, 추적 검사에서 역동적 관류 자기공명 영상에서 조영 증강이 없거나 느려지는 경우에는 가성 종양을 시사하는 소견이 되겠고, 반대로 초기의 빠른 조영증강이 되는 경우는 재발을 시사한다고 하였다. 또 다른 역동적 관류 자기 공명 영상의 임상적 적용 분야는 생검이나 조직병리학적 검체를 얻을 때인데, 영상에서 가장 조영 증강이 많이 되는 부분에서 조직 검체를 얻으면 조직 병리학적 결과가 좀 더 정확하게 나올 것으로 기대된다.

본 연구의 제한점으로, 첫째, 양성 병변의 경우 병리조직학적으로 확진 되지 않은 병변들을 제외함으로써 환자군의 수가 적었고, 둘째 주사 속도와 심박출량에 의해 영향을 받는 동맥 투입 함수를 알지 못하였는데, 이는 환자 주변의 비균질한 신호들에 의해 영향을 받을 수 있다.

결론적으로 TIC 모양에 대한 분석과 SS등과 같은 역동적 관류 매개변수들은 일부 과혈관성 양성종양으로 인해 낮은 특이도와 양성예측도를 보이지만 높은 민감도와 음성예측도를 보여, 역동적 관류 자기공명 영상은 악성과 양성 근골격 질환을 구별하는데 도움이 되었다.

참 고 문 헌

1. Aisen AM, Martel W, Braunstein EM, McMillin KI, Phillips WA, Kling TF. MRI and CT evaluation of primary bone and soft tissue tumors. *AJR Am J Roentgenol* 1986;146:749-56
2. Hough TJ, Tung GA, Terek RM. *Staging, characterization, and grading*. In De Schepper AM, Vanhoenacker F, Gielen J, Parizel PM. *Imaging of soft tissue tumors*. 3rd ed. Berlin: Springer; 1997;113-25
3. Crim JR, Seeger LL, Yao L, Chandnani V, Eckardt JJ. Diagnosis of soft-tissue masses with MR imaging: can benign masses be differentiated from malignant ones? *Radiology* 1992;185:581-586
4. Kransdorf MJ, Murphey MD. *Imaging of soft tissue tumors*. Philadelphia: W.B. Sanunders; 1997
5. Erlemann R, Reiser MF, Peters PE, Vasallo P, Nommensen B, Kusnierz-Glaz CR, et al. Musculoskeletal neoplasm: static and dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 1989;171:767-773
6. Erlemann R, Sciuk J, Bosse A, Ritter J, Kusnierz-Glaz CR, Peters PE, et al. Response of osteosarcoma and Ewing sarcoma to preoperative chemotherapy assessment with dynamic and static MR imaging and skeletal scintigraphy. *Radiology* 1990;175:791-796
7. Verstraete KL, De Deene Y, Roels H, Dierick A, Uyttendaele D, Kunnen M. Benign and malignant musculoskeletal lesion: dynamic contrast-enhanced MR imaging-parametric "first-pass" images depict tissue vascularization and perfusion. *Radiology* 1994;192:835-843
8. Buadu LD, Murakami J, Murayama S, Hashiguchi N, Sakai S, Masuda K, et al. Breast lesions:correlation of contrast medium enhancement patterns on MR images with histopathologic findings and tumor angiogenesis. *Radiology* 1996;200:639-649
9. Tokuda O, Hayashi N, Taguchik K, Matsunaga N Dynamic contrast-enhanced perfusion MR imaging of diseased vertebrae: analy-

sis of three parameters and the distribution of the time-intensity curve patterns. *Skeletal Radiol* 2005;34:632-638
10. Ma LD, Frassica FJ, McCarthy EF, Bluemke DA, Zerhouni EA. Benign and malignant musculoskeletal masses: MR imaging differentiation with rim-to-center differential enhancement ratios. *Radiology* 1997;202:739-44
11. Fletcher BD, Hanna SL, Fairclough DL, Gronemeyer SA. Pediatric musculoskeletal tumors: use of dynamic contrast-enhanced MR imaging to monitor response to chemotherapy. *Radiology* 1992;184: 243-248
12. Mirowitz SA, Totty WG, Lee JK. Characterization of musculoskeletal masses using dynamic Gd-DTPA enhanced spin-echo MRI. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16:120-125
13. Bollow M, Braun J, Hamm B, Eggens U, Schilling A, Konig H, et al. Early sacroiliitis in patients with spondylarthropathy: evaluation with dynamic gadolinium-enhanced MR imaging. *Radiology* 1995;194:529-536
14. Reiser MF, Bongartz GP, Erlemann R, Schneider M, Pauly T, Sitteck P, et al. Gadolinium-DTPA in rheumatoid arthritis and related diseases: first results with dynamic magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol* 1989;18:591-597
15. van der Woude HJ, Bloem JL, Verstraete KL, Taminiau AH, Nooy MA, Hogendoom PC. Osteosarcoma and Ewing's sarcoma after neoadjuvant chemotherapy: value of dynamic MR imaging in detecting viable tumor before surgery. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:593-598
16. Tuncbilek N, Karakas HM, Okten OO. Dynamic contrast enhanced MRI in the differential diagnosis of soft tissue tumors. *Eur J Radiol* 2005;53:500-505
17. Verstraete KL, van der Woude HJ, Hogendoom PC, De-Deene Y, Kunnen M, Bloem JL. Dynamic contrast-enhanced MR imaging of musculoskeletal tumors: basic principles and clinical applications. *J Magn Reson Imaging* 1996;6:311-321
18. Hawighorst H, Libicher M, Knopp MV, Moehler T, Kauffmann GW, Kaick G. Evaluation of angiogenesis and perfusion of bone marrow lesions: role of semiquantitative and quantitative dynamic MRI. *J Magn Reson Imaging* 1999;10:286-294
19. Preziosi P, Orlacchio A, Di Giambattista G, Di Renzi P, Bortolotti L, Fabiano A, et al. Enhancement patterns of prostate cancer in dynamic MRI. *Eur Radiol* 2003;13:925-930
20. Liney GP, Gibbs P, Hayes C, Leach MO, Turnbull LW. Dynamic contrast-enhanced MRI in the differentiation of breast tumors: user-defined versus semi-automated region-of-interest analysis. *J Magn Reson Imaging* 1999;10:945-949
21. Schaefer JF, Vollmar J, Schick F, Vonthein R, Vonthein R, Seemann MD, et al. Solitary pulmonary nodules: dynamic contrast-enhanced MR Imaging-perfusion differences in malignant and benign lesions. *Radiology* 2004;232:544-553
22. van der Woude HJ, Bloem JL, Hogendoom PC. Preoperative evaluation and monitoring chemotherapy in patients with high-grade osteogenic and Ewing's sarcoma: review of current imaging modalities. *Skeletal Radiol* 1998;27:57-71
23. Vanel D, Shapeero LG, De Baere T, Gilles R, Tardivon A, Genin J, et al. MR imaging in the follow-up of malignant and aggressive soft tissue tumors: results of 511 examinations. *Radiology* 1994;190: 263-268
24. Vanel D, Tardivon A, Shapeero L, Western A, De Baere T, Guinebretiere JM. Dynamic contrast-enhanced subtraction MR imaging in follow-up of aggressive soft-tissue tumors: a prospective study of 74 patients (abstract). *Radiology* 1993;189(suppl):205

J Korean Radiol Soc 2008;58:313 - 320

Diagnostic Value of Dynamic Perfusion MR Imaging in Benign and Malignant Musculoskeletal Lesions[1]

Byeong Kyoo Choi, M.D.[1,2], Sang Hoon Lee, M.D., Ji Hyeon Cha, M.D., Sung Moon Kim, M.D., Myung Jin Shin, M.D., Heon Han, M.D.[2], Sam Soo Kim, M.D.[2], Ji Yeon Lee, M.D.[2], Yong Hwan Jeon, M.D.[2]

[1]Department of Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Korea
[2]Department of Radiology, Kangwon National University College of Medicine, Korea

Purpose: To assess the diagnostic value of dynamic perfusion MR imaging for differentiation between benign and malignant musculoskeletal lesions.

Materials and Methods: Dynamic perfusion MR imaging was performed using a 3.0 T system in 32 female and 30 male patients (aged 10 - 90 years, mean age, 43 years). Following the assessment of the precontrast imaging, a dynamic study was performed. This dynamic technique allowed for 638 images to be obtained at 11 levels throughout the lesion. Twenty-eight lesions originated within bone (8 benign, 20 malignant), whereas 34 lesions were of soft tissue origin (22 benign, 12 malignant). The final diagnosis was histopathologically confirmed in all patients. To differentiate between benign and malignant lesions, we analyzed the four parameters: (maximal relative enhancement (MRE), time to peak (TTP), wash in rate (WI), steepest slope (SS) and the distribution of time intensity curve (TIC) patterns.

Results: The TTP, WI, and SS values of malignant lesions were statistically significant from those of benign lesions ($p < 0.05$). However, the difference for the MRE values was not statistically significant. The distribution of TIC patterns was a helpful indicator of benign or malignant state, however the difference between the two states was not significant.

Conclusion: Dynamic perfusion MR imaging is a helpful tool in differentiating benign and malignant musculoskeletal lesions.

Index words : Magnetic resonance (MR)
Bone neoplasms
Soft tissue neoplasms
Musculoskeletal diseases

Address reprint requests to : Sang Hoon Lee, M.D., Department of Radiology, Asan Medical Center , University of Ulsan College of Medicine, 388-1 Poongnap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea.
Tel. 82-2-3010-4400 Fax. 82-2-476-4719 E-mail: shlee@amc.seoul.kr, medlsh@stanford.edu