대한방사선의학회지 1999;41:763-768

Maximum Slope and Blood Volume 영상을 이용한 근골격계의 양성과 악성 종양의 평가[1]

최진영 · 서진석 · 허용민 · 정은기 · 조재민 · 신규호[2] · 양우익[3]

목적: 근골격계 양성과 악성종양의 감별하는데 있어서 조직 혈관화와 관류의 지침으로 생각되는 " Maximum Slope(MS) "과 " Blood Volume(BV) " 영상의 가치를 평가하고자 한다.

대상 및 방법: 32명의 병리학적으로 확인된 근골격계 종양을 대상으로 하였다. 자기공명영상은 1.5초 간격(200 위상)으로 Gd-DTPA를 일시 정맥주사한 후 Dynamic inversion recovery spin echo echo-planar imaging 방법을 시행하였다(TR/TE/TI/NEX: 1500/24/500ms/1, matrix 128×128; 절편두께 5mm, interleaved). MS는 다항모형(polynomial model)을 사용하여 시간-강도 곡선을 미분하여 유도되었다. BV는 시간이 최대 기울기에 도달할 때까지의 적분으로 결정되었다. 각 화소별로 MS와 BV 을 계산하여 영상을 구성하였으며 이를 gray-scale로 나타내었다. 각 종양에 대해서 가장 밝은 부분을 포함하는 관심영역(6×6 화소 이상)을 그리고 MS와 BV의 평균값을 계산하였다. 항암화학요법 전의 악성 종양과 후의 악성 종양, 그리고 양성 종양으로 구분하였고 MS와 BV값을 비교하기 위해 Wilcoxon부호순위 검정을 시행하였다.

결과: MS영상에서 관심영역의 값은 항암화학요법 전 악성 종양에서 평균 8.54, 범위 1.61-16.90로 항암화학요법 후(평균 4.08, 범위 0.64-24.10)나 양성 종양(평균 3.33, 범위 0.01-16.47)에서 보다 의미있게 높았다($p=0.02$, $p=0.008$). BV값도 항암화학요법 전 악성 종양에서는 평균 330.18, 범위 117.5-845.1로 항암화학요법 후(평균 193.66, 범위 80.0 - 853.7)나 양성 종양(평균 162.17, 범위 91.17-283.7)보다 의미있게 높았다($p=0.005$, $p=0.005$). 항암화학요법 후의 악성 종양과 양성 종양사이에는 MS값과 BV값의 의미있는 차이가 없었다. 양성과 악성 종양에서 겹치는 부분이 존재하지만 두 그룹은 서로 분리되는 경향이 있었다.

결론: MS 영상과 BV 영상은 근골격계의 양성과 악성 종양을 구별하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

자기공명영상(MR)은 근골격계와 연부조직의 종양을 평가하는데 유용하다고 알려져 왔다(1-6). T1강조 스핀에코 영상은 종양과 골수, 그리고 지방조직을 구분하는데 필요하고 T2강조 영상은 종양과 주변 근육의 구분, 그리고 종양주변 부종을 잘 보여준다(6). 많은 연구에서 양성과 악성 종양을 형태학적 기준(크기, 종양의 경계, 주변 구조물과의 관계, 신호강도의 균일성 등)에 의해 감별하고자 노력해왔다. 그러나 자기공명영상을 사용하여 이러한 병변들의 모양을 평가할 수는 있지만 신호강도 양상에 따른 정량적 또는 정성적 분석을 통해 조직형에 따른 병변의 특성이나 양성과 악성을 정확히 감별하는 것은 어려웠다(7,8).

Gadolinium-diethylenetriamine pentacetic acid(DTPA) 은 조직내부에 들어가T1이완시간을 단축시킬 수 있기 때문에 T1강조영상에서 신호강도를 높이는데 이를 통해 병변의 특성을 규명하려는 노력이 지속되어 왔다(6,9,10). 이를 이용한 역동적 조영증강 자기공명영상은 정맥주사한 조영제의 초기 약물역동학 성질을 통해 생리적 현상에 관한 연구를 가능하게 한다. 최근 역동적 조영증강 자기공명영상을 통해 수술후의 요추, 류마티스성 관절염, 골수관류, 그리고 다른 염증성 병변 또는 종양 등을 평가할 수 있게 되었다(11-13). 이러한 기법을 통해 염증성 또는 종양성 병변에 대해 관심영역의 시간-강도 곡선에서의 기울기를 계산함으로써 이들 병변을 정량적으로 분석할 수 있게 되었고 이들의 기울기 값을 결정함으로써 종양과 종양주변부종 그리고 활성조직과 괴사조직을 다소 구별할 수 있게 되었다(6,14-17). 그러나 초기단계의 조영증강이

[1]연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[1]연세대학교 방사선의과학 연구소
[2]연세대학교 의과대학 정형외과학교실
[3]연세대학교 의과대학 병리학교실
이 논문은 1999년 1월 27일 접수하여 1999년 7월 1일에 채택되었음.

병변의 특성을 가장 잘 나타낼 것으로 생각되어지므로 시간 간격이 짧은 영상(high temporal resolution)이 요구되나 기존의 펄스열인 FLASH(fast low-angle shot) 등으로는 이를 반영하기 힘들었다(17,18).

본 연구에서는 더욱 빠른 자기공명영상기법과 새로운 후영상처리 방법을 통해 이들 결과를 확인하고자 하였다. 양성과 악성 종양의 감별이나 화학요법후의 결과 추적에 있어서 초기 단계의 조영증강이 매우 중요하므로 대조도가 높으면서 빠른 영상기법인 Inversion Recovery Spin Echo Echo planar imaging(EPI)와 조영제의 일차통과효과를 강조한 후영상처리 방법을 이용하였다(19). 새로운 지표(parameter)들로 Maximum slope(MS) 과 Blood volume(BV) 을 정의하였고 이를 화소별(pixel by pixel)로 계산하여 새로운 지표영상(parametric image)인 MS와 BV영상을 얻었다.

대상 및 방법

환자

1996년 10월부터 1998년 1월까지32명의 환자[남자 14명, 여자 18명, 나이(2세- 55세, 평균 23.2세)]를 대상으로 Dyna-mic 조영증강, inversion recovery single shot spin echo EPI(IRSEEPI) 을 시행하였다. 32예 모두 수술과 조직 생검을 통해 병리학적으로 증명되었으며 19예는 골종양(양성 3예-거대세포종 1예, 골낭종 1예, 골연골종 1예, 악성 16예-골육종 13예, 연골육종 1예, 유잉육종 1예, 연골성 한선종 1예), 13예는 연부조직종양(양성 6예- 평활근종 1예, 석회화건막섬유종 1예, 혈관종 2예, 섬유종증 1예, 신경초종 1예, 악성 7예- 횡문근육종 2예, 활액막육종 2예, 상피양 육종 1예, 전이 1예, alveolar soft part sarcoma 1예) 이었다. 악성 종양 중 7예는 항암화학요법 전에, 15예는 항암화학요법 후에 IRSEEPI를 시행하였으며, 1예의 골육종 환자에서는 항암화학요법 전과 후에 IRSEEPI를 시행하였다.

자기공명영상(MR imaging)

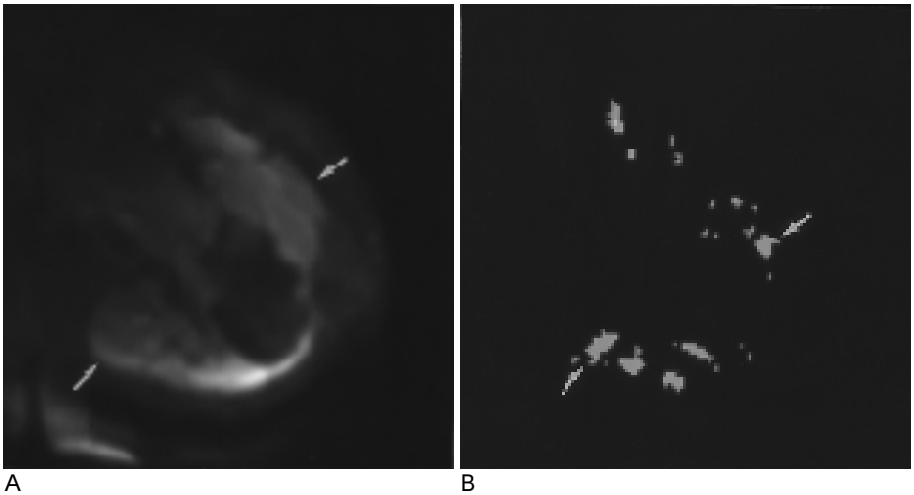
자기공명영상 기기는 1.5T 초전도형(Signa, General Electrics, Milwaukee, WI, U.S.A.) 를 사용하였고 모든 환자에서 먼저 스핀에코 T1-강조영상, T2-강조영상을 두 평면에서 얻은 후에 dynamic 조영증강 IRSEEPI(TR/TE/TI/NEX: 1500/24/500ms/1; matrix 128×128; slice thickness 5 mm)영상을 병변의 특성을 잘 반영할 수 있는 두 단면(T1- 또는 T2-강조영상에서 괴사되지 않는 부분을 포함하고 있다고 추정되었던 단면)을 선택한 후에 1.5초간격으로 단면당 200개(모두 400개)의 영상을 얻었다. 조영제 주입은 우측 전완부에 18게이지 바늘을 이용하여 혈관을 확보한 뒤 체중 1kg당 0.1mmol의 Gadolinium-DTPA(Magnevist, Schering, Germany)를 IRSEEPI 검사시작과 동시에 정맥내에 일시주사 하였다.

후영상 처리(Image Postprocessing)

단면당 200개의 영상을 네트워크를 통하여 워크 스테이션으로 전송하였고 영상처리 전문 소프트웨어인 IDL(Interactive Data Language, Research Systems Inc., CO, U.S.A.)을사용하여 자체 제작한 후영상처리 프로그램을 이용하였다. 프로그램 작성은 각 화소마다 시간-신호강도 곡선을 얻고 (1)최대 기울기(곡선을 미분하여 결정함)와 (2)최대 기울기 때의 시간까지 적분한 수치를 계산하였으며 다시 각 화소들의 계산된 수치를 이용하여 영상을 재구성하도록 제작하였다.

영상잡음(noise)의 영향을 없애기 위하여 사용자가 설정한 역치 이상이 되는 화소들에 대해서만 원하는 계산을 하도록 하였고, 영상잡음이 발생할 경우 최대 경사도를 계산하는데 오류가 발생할 가능성이 있으므로 각각의 화소에 대한 시간-신호강도 곡선에서 leefilter 알고리듬을 편평화(smoothing)하고 미분곡선을 만들었다.

MS는 다항모형(polynomial model)을 이용하여 얻은 시간-신호강도 곡선에서 신호강도의 변화량/시간의 변화량(⊿SI/⊿T)이 최대가 될 때로 정의하였고, BV는 시간이 MS에 이르기까지의 적분값으로 정의하였다.



A B

Fig. 1. Parametric MS and BV images of benign tumor. There shows axial image of osteochodroma in the greater trochanter of left femur. Bright areas are viable tumor.
A. MS image of benign tumor(arrows). MS value was 0.01, which was lower than average MS value of benign tumors.
B. BV image of the same lesion. BV value was 91.1, which was lower than average BV value of benign tumors. Patchy bright areas(arrows) represent viable tissue.

$$MS = \frac{d}{dt} SI,$$

$$BV = \int_0^t \frac{dSI}{dt} dt$$

(SI: signal intensity)

시간의 경과에 따른 MS와 BV를 각 화소 별로 구하여 이 숫자를 신호 강도로 하는 영상을 재구성하였고 이를 각각 MS 영상, BV영상이라고 하였다.

MS와 BV 영상의 신호강도는 각 화소의 기울기와 용적값을 나타내며 영상에서는 gray-scale 값으로 나타내었다. Gray-scale 영상에서 밝은 음영은 MS와 BV가 높은 것을 의미하고 검은 음영은 낮은 것을 의미한다.

MS 영상과 BV 영상에서 각 종괴에서 가장 밝은 부분을 포함하는 관심영역을 그리고 이 영역내의 각 화소들의 평균값과 표준편차를 구하였다. 관심영역 설정의 오차를 줄이기 위해 크기를 최소 6×6화소 이상으로 하였다.

통계적 분석

항암화학요법 전과 항암화학요법 후, 그리고 양성 종양의 세 그룹으로 분류하고 각 그룹에 대하여 MS와 BV의 평균값이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 비모수 검정인 Wilcoxon 검정을 통해 분석하였다.

결 과

MS영상에서 항암화학요법 전 악성 종양의 MS값은 평균 8.54, 범위 1.61-16.90를 보였고(Fig. 1) 항암화학요법 후 악성 종양은 평균 4.08, 범위 0.64- 24.10를 보여 화학요법 전 악성 종양에서 의미있게 높았다($p=0.02$). 항암화학요법 전의 악성 종양과 양성 종양(평균 3.33, 범위 0.01-16.47)(Fig. 2)을 비교하였을 때도 악성 종양에서 MS값이 높았다($p=0.008$). 항암화학요법 후의 악성 종양과 양성 종양사이에는 MS값의 의미있는 차이가 없었다($p=0.50$)(Fig. 3).

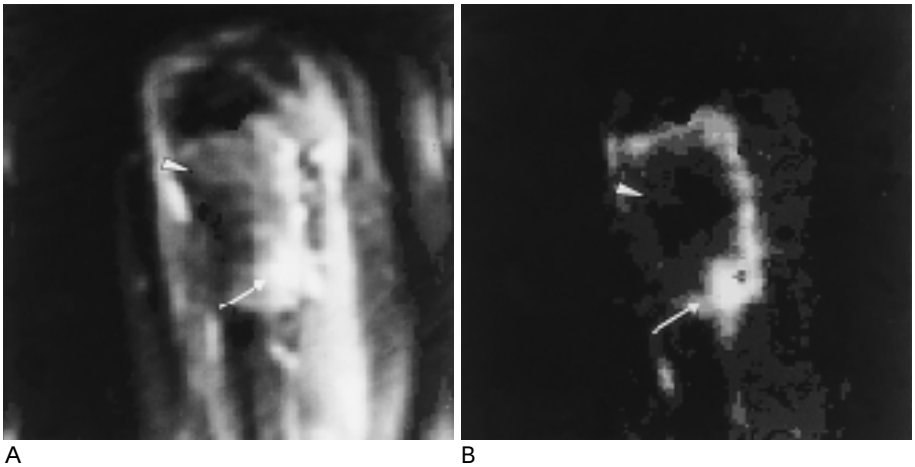
BV값도 항암화학요법 전 악성 종양에서는 평균 330.18, 범위 117.5- 845.1를 보였고 항암화학요법 후 악성 종양에서는 평균 193.66, 범위 80.0- 853.7를 보여 화학요법 전 악성 종양에서 의미있게 높았다($p=0.005$). 항암화학요법 전의 악성 종양과

Table 1. Evaluation of Malignant Potential of Musculoskeletal Lesions with MS Value

Threshold	Sensitivity(%)	Specificity(%)	Accuracy(%)	Predictive value(%)	
				Positive	Negative
2.5	73	69	71	69	73
5.0	60	75	68	69	67
7.5	53	81	68	73	65

Table 2. Evaluation of Malignant Potential of Musculoskeletal Lesions with BV Value

Threshold	Sensitivity(%)	Specificity(%)	Accuracy(%)	Predictive value(%)	
				Positive	Negative
150	93	44	68	61	88
200	67	75	71	71	71
250	47	88	68	78	64



A B

Fig. 2. Parametric MS and BV images of malignant tumor. A 17-year-old woman with osteosarcoma on left proximal humerus after chemotherapy. A. MS image of malignant tumor. MS value was 6.59, which was higher value than benign tumors, but not so high as malignant tumors before chemotherapy. B. BV image of malignant tumor. BV value was 130.9. Bright area(arrow) represents viable tumor and central dark area(arrowhead) shows necrosis that was correlated with macroscopic histologic examinations(not shown here).

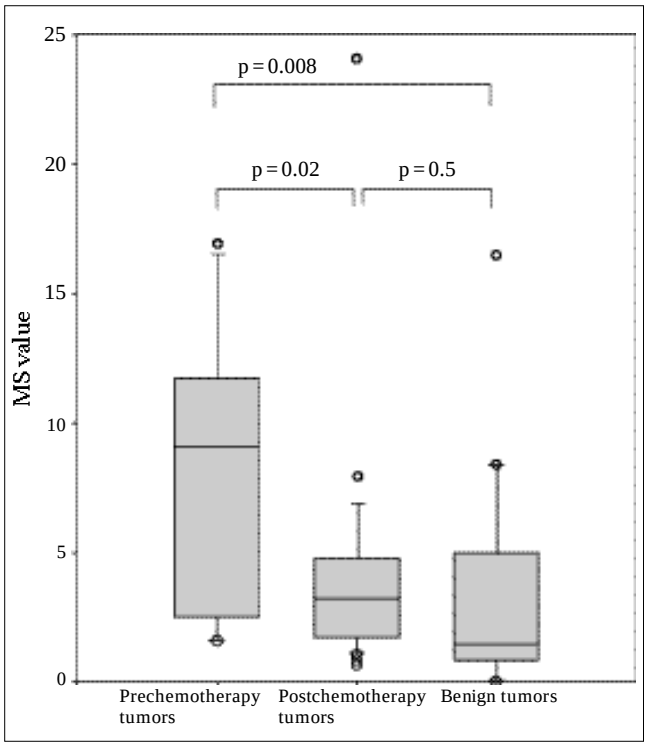


Fig. 3. MS value of benign and malignant tumors. There are significant differences of MS values between prechemotherapy malignant tumors and benign tumors. But some benign and malignant tumors overlapped in MS values.

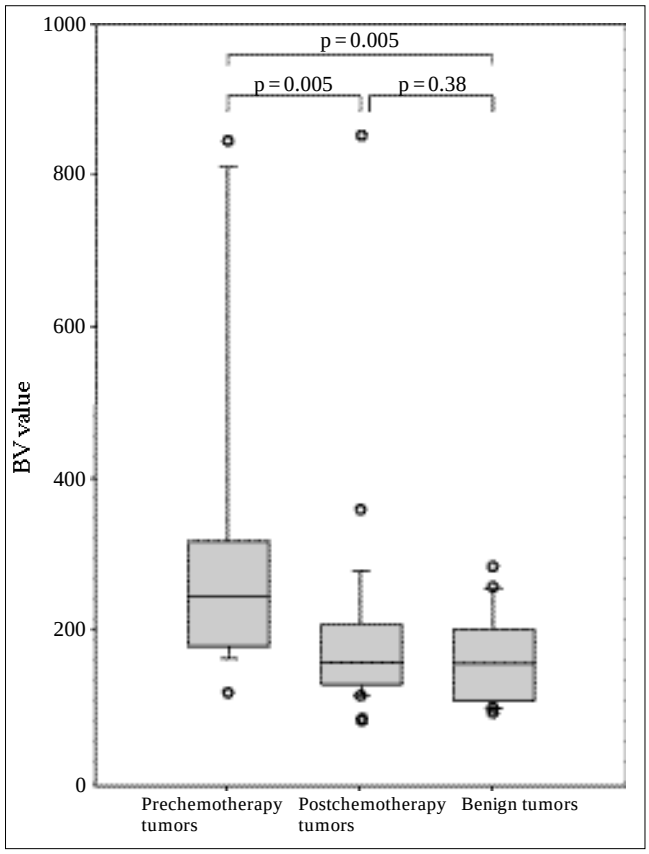


Fig. 4. BV value of benign and malignant tumors. There are significant differences of BV values between prechemotherapy malignant tumors and benign tumors and between pre- and postchemotherapy malignant tumors.

양성 종양(평균 162.17, 범위 91.17- 283.7)을 비교하였을 때도 악성 종양에서 BV값이 높았다(p = 0.005). 항암화학요법 후의 악성 종양과 양성 종양사이에는 BV값의 의미있는 차이가 없었다(p = 0.38)(Fig. 4).

항암화학요법 전의 악성 종양과 양성 종양 사이에 MS값은 악성도의 예측에 있어서 역치를 5.0으로 할 때 민감도 60%, 특이도 75%, 정확도 68%, 양성예측도 69%, 음성예측도 67%를 보였다(Table 1).

BV값은 악성도의 예측에서 역치를 200으로 할 때 민감도 67%, 특이도 75%, 정확도 71%, 양성예측도 71%, 음성예측도 71%를 보였다(Table 2).

양성종양 중 혈관종, 신경세포종, 그리고 거대세포종은 BV값과 MS값이 각각 각각181.5와 3.9, 283.7과 8.13, 그리고97.18과 1.58로 다른 양성 종양보다 높게 나타났는데, 그 중 혈관종과 신경세포종에서는 다른 악성 종양보다 높은 MS, BV값을 보였다.

1예의 골육종 환자에서는 항암화학요법 전후로 자기공명영상을 시행하였는데 치료 전 MS와 BV값이 4.7와177.8에서 치료 후2개월 때는 3.9와 112.9로 각각 감소하였다.

고 찰

역동적 조영증강 자기공명영상을 이용하면 정맥주사한 조영제의 초기 약물역동학적 성질을 통해 생리적 현상에 관한 연구를 할 수 있다. 최근 역동적 조영증강 자기공명영상을 통해 수술후의 요추, 류마티스성 관절염, 골수관류, 그리고 다른 염증성 병변 또는 종양 등을 평가하여 왔다(11-13).

기존의 보고에 의하면(6,14-17) 근골격계의 병변에 있어서 급속 자기공명영상을 이용하여 시간-신호강도 곡선의 기울기를 계산하고 이를 통해 양성과 악성을 감별하려 하였다. 이들의 연구에 의하면 역동적 영상을 통한 기울기는 종양의 악성가능성과 상관관계가 있고 양성과 악성 종양에 있어서 겹치는 부분이 존재한다고 하였으나, 이들이 사용한 영상방법은 FLASH(fast low-angle shot), RASE(rapid acquisition spin echo) 등이었다(6,14-17).

본 연구에서는 대조도가 좋고 보다 빠른 펄스열인 Inversion Recovery Spin Echo EPI를 이용하였으며 이 방법이 초기의 역동적 조영증강 양태를 보다 적절히 나타낼 수 있다고 판단하였으며 양성과 악성종양에 있어서 새로 정의한 지표값(parametric value)인 MS 값과 BV 값의 유의한 차이가 있는지 보고자 하였다. 역동적 연구를 통해 종양의 악성화 가능성은 MS값, 그리고 BV 값과 상관관계가 있었으며, 항암화학요법 전의 악성종양이나 이의 재발은 양성종양에 비해 높은 값을 나타냈다. 그러나 양성과 악성 병변에서 겹치는 부분이 있었다.

그 이유로Gadolinium-DTPA가 저분자량의 착화물(chelate)로 일시정맥주사하면 조직의 종류에 관계없이 비선택적 방법

으로 혈관내로 이동하여 세포외공간, 즉 혈장이나 간질에 분포한다. 이 과정은 조직의 혈관화, 국소적 혈액량, 조직 관류량에 의해 결정된다(19). 혈관화가 많거나 관류량이 많은 양성 병변은 악성 종양에서의 MS와 BV값과 비슷한 값을 가질 수 있다. 특히, 혈관종, 거대세포종 등의 양성 병변은 모세혈관의 분포가 많거나 국소 혈류량이 많거나 관류가 많은 병변으로 알려진 종양들이었으며, 이를 확인하기 위해서는 많은 환자를 대상으로 한 전향적인 연구와 병리학적인 증명이 필요할 것으로 생각된다. 혈관분포가 많은 양성종양과 악성 종양간에 겹치는 부분이 있고 이들을 감별하는 것은 힘들지만 다른 방사선학적 검사나 해부학적, 임상적 정보를 고려하면 감별진단의 폭을 좁힐 수 있을 것이다.

종양의 악성화 가능성을 예측하는데 있어서 MS영상과 BV영상을 이용하였는데 양성과 악성 종양에서 이 두 영상을 이용한 ROI값이 비슷한 분포를 나타냈기 때문에 실제적인 이용을 할 때 어느 영상이 나은지는 말하기 어렵다. 후영상처리에 소요되는 시간이 MS나 BV영상 어느 하나를 얻거나 둘 모두를 얻거나 비슷하므로 동시에 두 종류의 영상을 얻는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 다만 MS영상이 BV영상보다는 좀더 해부학적인 영상과 가깝게 보여 관심영역을 그리는데 유리하였다.

이 연구의 단점으로는 조영제를 주입한 후 같은 환자에서 한 번의 역동적 검사밖에 행해질 수 없고 단면의 수가 적기 때문에 종양 전체를 대표할 수 없다는 점이다. 이런 표본오차를 최소화하기 위해서는 조영증강 전 T1, T2강조 영상을 통해 대부분의 종양 성분을 포함시킬 수 있는 면을 고려해야 하고, 전체 종양을 포함할 수 있는 3차원 지표영상이 이상적 방법이다. 이런 영상이 가능해지면 종양을 3차원 지표영상으로 나타내어 화학요법후의 생존 종양의 부피를 알 수 있고 전체 종양 중 괴사한 부분을 결정할 수 있으며, 국소 종양 재발을 알아낼 수 있다. 또 하나의 단점으로는 관심영역을 어떻게 그리느냐에 따라서 MS 값이나 BV 값이 달라질 가능성이 있다는 점이다(20). 관심영역이 작게 그려지면 주변부의 과혈관성 조직이 포함되지 않거나 화학요법 후의 괴사에 의한 부분이 포함될 수 있고, 종양조직이 아닌 정상조직이 포함되는 경우 기울기 값이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 이런 오차를 줄이기 위해 T1, T2강조영상을 참조하여 영상 단면을 선정하였고 MS영상과 BV영상에서 가장 밝은 부분에서 관심영역을 그려 MS와 BV값을 얻었다.

조영증강 자기공명영상의 또 하나의 응용은 수술전 항암화학요법의 반응을 평가하는 것이다. 몇몇 연구들에서 골육종, 유잉육종, 횡문근육종 등의 수술전 화학요법의 반응를 평가하는데 역동적 자기공명영상이 높은 정확도를 보인다고 알려져 있고, 혈관조영술이나 역동적 Tc-99m-MDP동위원소검사 등에서 알 수 없는 생존 종양세포의 작은 부분까지 볼 수 있다고 한다(21-23). 본 연구에서 항암화학요법 전후로 자기공명영상을 시행한 환자에서 화학요법 후에 MS와 BV값의 감소를 관찰할 수 있었으며 화학요법 전의 환자군과 화학요법 후의 환자군을 비교하였을 때도 유의한 차이가 있어 화학요법의 반응을 평가하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 조직의 관류와 혈관화가 많은 부분을 알 수 있기 때문에 종양조직을 생검하는 데에도 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 조영증강 급속 자기공명영상을 이용한 지표영상은 근골격계의 양성과 악성 종양을 구별하는데 이용할 가치가 있다고 생각되나, 구분이 되지않는 종양들이 있으므로 향후 더욱 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Zimmer WD, Berquist TH, McLeod RA, et al. Bone tumors: Magnetic resonance imaging versus computed tomography. *Radiology* 1985;155:709-718
2. May DA, Good RB, Smith DK, Parsons TW. MR imaging of musculoskeletal tumors and tumor mimickers with intravenous gadolinium: experience with 242 patients. *Skeletal Radiol* 1997;26:2-15
3. Bohndorf K, Reiser M, Lochner B, et al. Magnetic resonance imaging of primary tumors and tumor-like lesions of bone. *Skeletal Radiol* 1986;15:511-517
4. Kroon HM, Bloem JL, Holscher HC, et al. MR imaging of edema accompanying benign and malignant bone tumors. *Skeletal Radiol* 1994;23:261-269
5. Lang P, Honda G, Roberts T, et al. Musculoskeletal neoplasm: perineoplastic edema versus tumor on dynamic postcontrast MR images with spatial mapping if instantaneous enhancement rates. *Radiology* 1995; 1997:831-839
6. Erlemann R, Reiser MF, Peters PE, et al. Musculoskeletal neoplasm: static and dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 1989;171:767-773
7. Berquist TH, Ehman RL, King BF, Hodgman CG, Ilstrup DM. Value of MR imaging in differentiating benign from malignant soft-tissue masses: study of 95 lesions. *AJR* 1990;155:1251-1255
8. Mirowitz SA, Totty WG, Lee KT. Characterization of musculoskeletal masses using dynamic Gd-DTPA enhanced spin-echo MRI. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16:120-125
9. Wagner MV, Worah D. Gadodiamide injection: first human experience with the nonionic magnetic resonance imaging enhancement agent. *Invest Radiol* 1993;28:S44-S48
10. Brasch RC, Weinmann HJ, Wesbey GE. Contrast-enhanced NMR imaging: animal studies using gadolinium-DTPA complex. *AJR* 1984;142:625-630
11. Sanchez RB, Quinn SF, Walling A, Estrada J, Greenberg H. Musculoskeletal neoplasm after intraarterial chemotherapy: correlation of MR images with pathologic specimens. *Radiology* 1990;174:237-240
12. Cova M, Kang YS, Tsukamoto H, et al. Bone marrow perfusion evaluated with gadolinium-enhanced dynamic fast MR imaging in a dog model. *Radiology* 1991;179:535-539
13. Koenig H, Sieper J, Wolf KJ. Rheumatoid arthritis: evaluation of hypervascular and fibrous pannus with dynamic MR imaging enhanced with Gd-DTPA. *Radiology* 1990;176:473-477
14. Verstraete KL, Vanzieleghem B, Deene Y et al. Static, dynamic and first-pass MR imaging of musculoskeletal lesions using gadodiamide injection. *Acta Radiol* 1995;36:27-36
15. Verstraete KL, Dierick A, Deene Y, et al. First-pass images of musculoskeletal lesions: a new and useful diagnostic application of dynamic contrast-enhanced MRI. *Magn Reson Imaging* 1994;12:687-702
16. Verstraete KL, Deene Y, Roels H, et al. Benign and malignant musculoskeletal lesions: dynamic contrast-enhanced MR imaging-para-

metric" first-pass "images depict tissue vascularization and perfusion. *Radiology* 1994;192:835-843
17. Hanna SL, Parham DM, Fairclough DL, et al. Assessment of osteosarcoma response to preoperative chemotherapy using dynamic FLASH gadolinium-DTPA-enhanced magnetic resonance mapping. *Invest Radiol* 1992;27:367-373
18. Reddick WE, Langston JW, Meyer WH, et al. Discrete signal processing of dynamic contrast-enhanced MR imaging: Statistical validation and preliminary clinical application. *J Magn Reson Imaging* 1994;4:397-404
19. Gowland P, Mansfield P, Bullock P, et al. Dynamic studies of gadolinium uptake in brain tumors using inversion-recovery echo-planar imaging. *Magn Reson Med* 1992;26:241-258
20. Moss AA. Critical review. *Invest Radiol* 1992;27:989-991
21. Erlemann R, Sciuk J, Bosse A, 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
22. Baere T, Vanel D, Shapeero L, Carpentier A, Terrier P, Paola M. Osteosarcoma after chemotherapy: evaluation with Contrast material -enhanced substraction MR imaging. *Radiology* 1992;185:587-592
23. Fletcher BD, Hanna SL, Fairclough DL Gronemeyer SA. Pediatric musculoskeletal tumors: use of dynamic, contrast-enhanced MR imaging monitor response to chemotherapy. *Radiology* 1992;184:243-248

J Korean Radiol Soc 1999;41:763-768

Benign and Malignant Musculoskeletal Tumors Evaluated with the Aid of Parametric Maximum Slope and Blood Volume Images[1]

Jin Young Choi, M.D., Jin Suck Suh, M.D., Yong Min Huh, M.D., Eun-Kee Jeong, Ph.D., Jae Min Cho, M.D., Kyoo-Ho Shin, M.D.[2], Woo-Ick Yang, M.D.[3]

[1]Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine
[1]Research Institute of Radiological Science, Yonsei University
[2]Department of Orthopedics, Yonsei University College of Medicine
[3]Department of Pathology, Yonsei University College of Medicine

Purpose: To assess the values of parametric" maximum slope(MS) and blood volume(BV) "images as indicators of tissue vascularization and perfusion in distinguishing benign from malignant musculoskeletal tumors.
Material and Methods: Dynamic inversion recovery spin-echo echo-planar imaging (TR/TE/TI/NEX: 1500/24/500 ms/1; matrix 128×128; slice thickeness 5 mm, interleaved) at 1.5-second intervals(200 phases) was performed after intravenous bolus injection of Gd-DTPA. A total of 32 pathologically proven musculoskeletal masses(benign 9, malignant 23) were included in this study. MS was derived by fitting a time-intensity curve using a polynomial model. BV was determined by integration until maximum slope was reached. On a pixel-by-pixel basis, MS and BV images were generated and displayed by gray-scale. We selected a region of interest(ROI, more than 6×6 pixels) including the highest value of the tumors and calculated mean values of MS and BV. Wilcoxon's signed rank test was used to compare benign tumors with malignant pre- and postchemotherapy tumors.
Result: The mean values of ROIs selected on MS images were significantly different (p = .008) between benign (mean 3.33, range 0.01-16.47) and prechemotherapy malignant(mean 8.54, range 1.61-16.90) tumors, as were the mean values of ROIs on BV images(p = .005; benign tumors: mean 162.17, range 91.17-283.7; prechemotherapy malignant tumors: mean 330.18, range 117.5-845.1). MS and BV values of benign and malignant tumors overlapped but tended to be separated.
Conclusion: BV and MS images may help distinguish benign from malignant musculoskeletal tumors.

Index words : Bone neoplasms, MR
Soft tissues, neoplasms
Magnetic resonance (MR), contrast enhancement

Address reprint requests to : Jin Suck Suh, M.D., Department of Diagnositc Radiology, Yonsei University Colllege of Medicine, #134 Shinchon-dong, Seodaemun-ku, 120-752, Seoul, Korea
Tel. 82-2-361-5840 Fax. 82-2-393-3035