

# 전이성 척추암 환자의 확산강조영상 검사 시 조영제 주입 전·후 ADC값의 변화에 대한 고찰

김응찬\*, 김기홍\*, 박철수\*\*, 이선엽\*\*, 유홍준\*\*\*, 조재환\*\*\*\*, 장현철\*\*\*\*, 김보희\*\*\*\*\*, 한만석\*\*\*\*\*

영남대학교 물리학과\*, 한림성심대학 방사선과\*\*, 서울아산병원 영상의학과\*\*\*, 경산1대학 방사선과\*\*\*\*,  
순천향대학교 부속 부천병원\*\*\*\*\*, 강릉아산병원 응급센터\*\*\*\*\*, 충남대학교병원 영상의학과\*\*\*\*\*

## SNR and ADC Value Change before and after the injection of contrast medium during DWI test on metastatic spinal cancer patients

Engchan Kim\*, Kihong Kim\*, Cheolsoo Park\*\*, Sunyeob Lee\*\*, Heungjoon Yoo\*\*\*, Jaehwan Cho\*\*\*\*,

Hyuncheol Jang\*\*\*\*\*, Bohui Kim\*\*\*\*\*, Manseok Han\*\*\*\*\*

*Department of Physics, Yeungnam University\*, Department of Radiological Science, Hanlym College\*\*, Department of Radiology, Asan Medical Center\*\*\*, Department of Radiological Science, Gyeongsan University College\*\*\*\*, Department of Radiology, Soonchunhyang University. Bucheon Hospital\*\*\*\*\*, Department of Emergency Center, Gangneung Asan Hospital\*\*\*\*\*, Department of Radiology, Chungnam University Hospital\*\*\*\*\**

### 요약

전이성 척추암 환자를 대상으로 1.5 T MR 기기에서 조영제 주입 전·후 확산강조영상에서 전이가 된 요추의 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성 확산 계수가 어떤 변화를 나타내는지 알아보고자 하였다.

영상의 정량적 분석에서는 전이성 척추암 그룹의 경우 조영제 주입 전 확산강조영상에서 전이성 척추암이 있는 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위의 신호대 잡음비는 척추암이 있는 부위에서 낮게 나타났으며 조영제 주입 후 확산강조영상에서는 조영제 주입 전보다 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 두 부위에서는 대조도대 잡음비가 상대적으로 증가했다. ADC map영상에서는 조영제 주입 전에서 신호대 잡음비는 척추암이 있는 부위에서 높게 나타났으며 조영제 주입 후에는 조영제 주입 전보다 전이성 척추암이 있는 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소했다. ADC map영상에서의 현성 확산 계수는 조영제 주입 전에서 현성 확산 계수는 척추암이 있는 부위에서 낮게 나타났으며 조영제 주입 후에는 주입 전보다 세 부위 모두 현성 확산 계수가 상대적으로 감소했다. 정상 그룹의 경우 확산강조영상에서 요추제 3, 4, 5번 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가했고 ADC map영상에서는 조영제 주입 후 확산강조영상에서 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소했다. ADC map영상에서의 현성 확산 계수는 세 부위 모두 현성 확산 계수가 상대적으로 감소했다.

영상의 정성적 분석에서 조영제 주입 후 확산강조영상에서 전이성 척추암이 있는 부위의 신호강도가 증가하였고 ADC map영상에서는 신호강도가 감소하였다.

조영제 주입 후 확산강조영상에서 전이성 척추암이 있는 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추 등 세 부위 모

두 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비가 증가하고 현성확산계수가 감소하는 결과를 얻었고 조영제 주입 후 확산강조영상이 여러 가지 척추질환으로의 적용에 도움을 줄 것이라 사료된다.

중심어 : 확산강조영상, 전이성 척추암, 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성확산계수

### Abstract

To examine the possible changes in the SNRs, CNRs, and ADC values for lumbar spines with metastasis based on the DW images before and after contrast agent injection taken from metastatic spinal cancer patients using a 1.5 T MR machine.

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, both SNRs and CNRs at all of those assessed locations significantly increased on the DWI after contrast agent injection compared to before, while on the ADC map images, SNRs significantly decreased. On the other hand, significantly decreased ADC values at all the assessed locations were found on the ADC map images. With reference to the normal group, significantly increased SNRs were found at all of the assessed locations on the DWI image after injection compared to before, while significantly decreased SNRs were found on the ADC map images. Also, significantly decreased ADC values at all the assessed locations were found on the ADC map images. For the qualitative analysis, after contrast agent injection, significantly increased signal intensities were found at the locations with spinal cancer on the DWI. In contrast, significantly decreased signal intensities were found on the ADC map images.

The implication from the results showing that SNR and CNR significantly increased while ADC value significantly decreased at, above, and below the location of metastatic spinal cancer on DWI after contrast agent injection is that DWI obtained after contrast agent injection can be made available for wider application to vertebral disorders.

Key Words : DWI, metastatic spinal cancer, SNR, CNR, ADC value

## I. 서 론

### 1. 연구 배경

최근 암에 의한 사망이 국내의 사망 원인 중 가장 큰 비중을 차지하고, 악성종양에 대한 여러 가지 치료 방법의 발달로 환자의 생존기간이 연장되면서 전이성 척추종양의 빈도도 증가하고 있고 암 환자에서 척추 전이의 빈도는 30%부터 70%까지 보고되고 있다<sup>[1,2,3]</sup>. 악성 종양의 골 전이는 폐, 간 전이 다음으로 흔하게 발생하며, 가장 흔하게 침범하는 부위는 척추이다<sup>[4]</sup>. 척추 전이로 인한 통증과 신경학적 증상은, 말기 암 환자의 삶의 질을 저하시키는 주된 원인이 되고 있다.

전이성 척추암은 전립선암환자의 1-12%에서 발생하며<sup>[5]</sup>, 척추뼈 전이가 발생한 환자 중에서 6%에서 발생하여 다른 합병증에 비해서 빠른 치료를 요하는 응급상황이다<sup>[6]</sup>. 따라서 전이성 척추암의 정확한 진단과 신속한 치료를 통해 환자의 삶 의질을 향상 시키는 것은 상당히 중요한 문제라고 할 수 있다. 진단 방법 중 지금까지 골 주사는 악성종양의 골 전이를 진단하는데 널리 이용 되어 왔지만 50%에 달하는 위양성 때문에 무증상 환자에서 통상적으로 시행하여야 하는지에 대한 이견이 있어왔다<sup>[7]</sup>. 단순 X-선 촬영은 골주사에 비해 특이적이기는 하지만 50% 이상의 골 손실이 있어 야만 발견되기 때문에 민감도가 낮고<sup>[8]</sup>, 전산화단층촬영은 특이도는 높지만 모든 신체부위를 촬영해야만

하므로 선별검사로는 문제가 있다. 하지만 진단 방법 중 자기공명영상(MRI)은 전이성 척추암 진단에 있어 민감하다고 보고되고 있다<sup>[9]</sup>. 한편 척추암의 경우 진단 효율을 높이기 위해 조영제를 사용하고 있으며 이는 진단상의 민감도와 특이도를 향상시켜 종양의 평가에 유용하게 적용 하고 있으며 추가적으로 확산강조영상 검사를 시행 하고 있다. 확산강조영상(diffusion weighted image)은 세포 내외 공간에서 수분의 이동을 영상화하는 기법으로 골격근 손상이 있을 때 근육의 신호 강도 변화를 조기에 모두 알 수 있었으며 특히 상대적으로 미약한 손상을 받은 경우 T2강조영상 보다 유의하게 민감하였고<sup>[10]</sup> 양성과 악성 척추암의 감별 진단에 유용 하다고 보고되고 있다<sup>[11]</sup>. 이에 임상에서는 척추암 환자의 경우 악성 종양의 정확한 진단을 위해 필히 시행되고 있다. 확산강조영상은 인체 내 물 분자들의 self-diffusion 정도를 영상화한 것이며<sup>[14]</sup> 이런 수분의 확산 정도를 수치로 나타낸 것이 현성 확산계수(apparent diffusion coefficient; ADC)라 한다<sup>[15]</sup>.

## 2. 연구 목적

지금까지 전이성 척추암 자기공명영상 검사 시 병변 조적을 정확하게 감별하기 위해 조영제를 사용하기도 한다. 보통은 확산강조영상 검사는 조영 증강 전에 시행하는 것이 일반적 이었으나 상황에 따라 주입 후에 시행하는 경우도 있다. 선행된 연구에서는 척추가 아닌 뇌 부위에서는 조영제 주입 후에 확산강조영상에서 주입 전에 비해 영상의 차이가 난다고 보고 하였지만 척추암 부위에서의 조영제 주입 전, 후의 연구는 보고되지 않았다.

이에 저자는 전이성 척추암 환자를 대상으로 1.5 T MR 기기에서 조영제 주입 전·후 확산강조영상에서 전이가 된 요추의 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성 확산 계수가 어떤 변화를 나타내는지 알아보고자 하였다

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2008년 1월부터 2009년 10월까지 외상이 없는 정상

인 30명과 요추 MRI를 촬영한 환자 중에서 전이성 척추암을 보였던 환자 30명을 대상으로 동의하에 연구를 실시하였으며, 환자 병력상 추락이나 사고 등 분명한 외상의 병력이 있는 경우, 또한 원발성 및 전이성 골종양에 의한 병적 골절(pathologic fracture)이 있는 경우는 조사 대상에서 제외하였다. 대상 정상인의 연령은 42에서 61세(평균52.3세)이고 환자의 연령은 45에서 75세(평균61.2세)이었다.

### 2. 데이터 획득

MR영상의 획득은 1.5T MR scanner(Signa 1.5T HDx. GE Healthcare. Milwaukee. WI)와 HD T/R 8ch spine array coil(In vivo Corp. Gainesville. FL)을 이용하였다.

확산강조영상을 시행하기 전 전이성 척추암 정도를 관찰하기 위하여 조영제 주입 전 fast spin-echo (FSE) 영상법을 이용하여 T2강조 영상(TR=3500 sec, TE=100 msec, NEX=2)과 T1강조 영상(TR=600 sec, TE=10 msec, NEX=2)인 시상면(Sagittal plane)영상과 축상면(Axial plane)영상을 각각 획득하였다.

조영제 주입 전·후의 확산강조영상은 b value를 400s/mm<sup>2</sup>으로 spin-echo EPI 기법을 이용하여 X, Y, Z 세 방향의 확산 강조 시상면 영상을 획득 하였으며 영상 변수는 다음과 같다.

TR: 6000 ms, TE: 60 ms, Matrix: 128×192, NEX: 4, Slice thickness: 4.5 mm, FOV: 280 mm, Scan Time: 1:42 ms

획득한 확산강조영상은 Advantage Workstation(Ver 4.3, Revision 4. GE healthcare. Milwaukee. WI)으로 보내져 ADC(apparent diffusion coefficient) map영상을 획득 하였다. 획득한 확산강조영상에서 1-5번의 요추체중 전이성 척추암이 있는 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위에서 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성 확산 계수(apparent diffusion coefficient; ADC)를 측정하였고 정상인 환자의 경우는 요추체 3, 4, 5번 부위에서 신호대 잡음비와 현성 확산 계수를 측정하였다. 이때 관심영역(ROI)은 측정하고자 하는 해부학적 구조물을 최대한 많이 포함하도록 하였다. (Fig 1.)

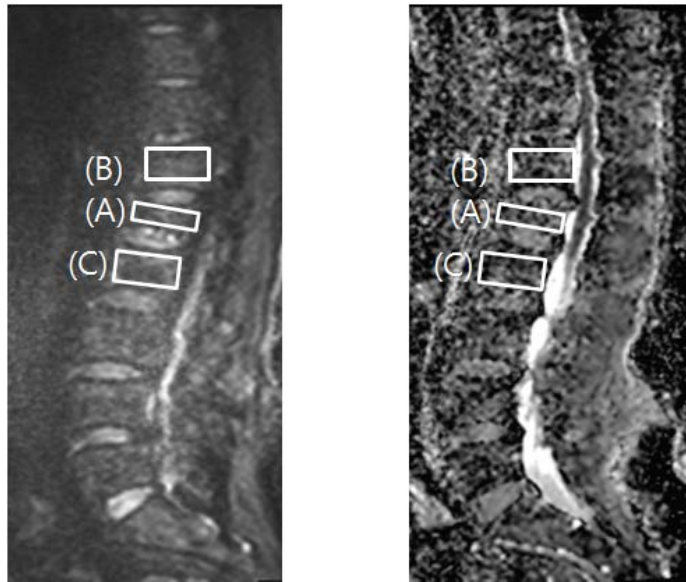


Fig 1. ROI set of diffusion weighted image and ADC map image

(A): a portion where vertebral metastatic cancer has occurred

(B): the upper body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

(C): the lower body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

The signal intensity was assessed at three sites: the site of metastatic cancer of L-spine vertebral body at L1 to L5, and both the upper and lower intervertebral body of the said cancer site, while for ADC map images obtained, the signal intensity and ADC were respectively measured at those three sites.

In doing this, ROIs were designated so that as many anatomical structures (landmarks) to be measured as possible could be included.

실험에 대한 정량적 분석방법으로 두 그룹에서 전이성 척추암이 있는 그룹의 경우 확산강조영상에서 조영제 주입 전·후의 관심영역의 신호대 잡음비(signal to noise ratio)를 구하고

척추암이 있는 부위의 신호대 잡음비를 기준으로 조영제 주입 전·후의 각각 관심영역의 대조도대 잡음비(contrast to noise ratio)를 구하고 평균화 하여 조영제 주입 전·후 간에 수치를 비교 분석하였다. ADC map영상에서는 주입 전·후의 현성 확산 계수(apparent diffusion coefficient; ADC)를 구하고 평균화 조영제 주입 전·후 간에 수치를 비교 분석하였다. 정상 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 관심영역의 신호대 잡음비(signal to noise ratio)와 현성 확산 계수를 구하고 평균화 하여 조영제 주입 전·후 간에 수치를 비교 분석하였다.

신호대 잡음비는 전이성 척추암이 있는 그룹의 경우 1.5번의 요추체중 전이성 척추암이 있는 부위와 척

추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위의 신호 강도 값을 백그라운드 표준편차(background standard deviation)의 신호강도 값으로 나누어 계산하였다. 척추암이 있는 부위의 대조도대 잡음비는 병변의 신호강도와 척추암이 있는 부위의 위 척추 신호강도 차이를 백그라운드 표준편차의 신호강도 값으로 나누어 계산하였다. 정상 그룹의 경우 요추체 3, 4, 5 번등 세부위의 신호 강도 값을 백그라운드 표준편차(background standard deviation)의 신호강도 값으로 나누어 계산하였다.

백그라운드 표준편차는 위상부호화방향(phase encoding direction)인 척추 표면의 좌상단과 우하단 두 곳에서 측정하여 평균값과 표준 편차로 나타냈다.

이 실험에 적용된 신호대 잡음비(signal to noise ratio)와 대조도대 잡음비(contrast to noise ratio)를 구하는 식은 다음과 같다.

$$SNR = \frac{SI(\text{region, surrounding tissues})}{SDN}$$

$$CNR = \frac{SI(\text{region} - \text{surrounding tissues})}{SDN}$$

SDN : standard deviation of noise in background

SI : signal intensity

두 그룹에서 조영제 주입 전·후의 획득한 관심영역의 신호대 잡음비, 현성 확산계수, 대조도대 잡음비 평균값 차이는 대응 표본 검정(paired student t-test, SPSS win 12.0)을 이용하였고, P값이 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

정성적인 분석방법은 전이성 척추암 그룹에서 조영제 주입 전·후의 확산강조영상과 ADC map 영상의 1-5번의 요추체중 전이성 척추암이 있는 부위의의 신호강도를 분석하였다.

### III. 결 과

#### 1. 두 그룹의 확산강조영상에서의 조영제 주입 전·후 비교

Table 1. A comparison of the S/N ratios between the before and after injection on diffusion-weighted MR images (spine cancer group, health group)

Subject group	Before injection			After injection		
	Spine cancer site	upper site	lower site	Spine cancer site	upper site	lower site
spine cancer group	1.52±	2.85±	2.67±	4.88±	3.03±	3.13±
	0.15	0.21	0.17	0.12	0.23	0.14
health group	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th
	2.94±	2.56±	2.73±	2.98±	2.97±	2.99±
	0.12	0.31	0.14	0.12	0.14	0.12

Notes: Numbers are expressed as mean± standard deviation.

SNR unit : Not

Spine cancer site: a portion where vertebral metastatic cancer has occurred

upper site: the upper body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

lower site: the lower body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

Lumbar 3th: Third of the five lumbar

Lumbar 4th: Fourth of the five lumbar

Lumbar 5th: Fifth of the five lumbar

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, SNRs at all of those assessed locations significantly increased on the DWI after contrast agent injection compared to before. (p <0.05) With reference to the health group, significantly increased SNRs were found at all of the assessed locations on the DWI image after injection compared to before (p <0.05)

영상의 정량적 분석결과 전이성 척추암 그룹과 정상 그룹으로 분류하여 측정된 결과 전이성 척추암 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 척추암 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세부위의 신호대 잡음비는 Table 1과 같이 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며(Fig 2.) 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.029(p <0.05)으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 정상 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위 신호대 잡음비는 Table 1와 같이 조영제 주입 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며(Fig 3.) 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.029(p <0.05)으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 전이성 척추암 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 대조도대 잡음비는 Table 2와 같이 조영제 주입 후 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 두 부위 모두 대조도대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.029(p <0.05)으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다.

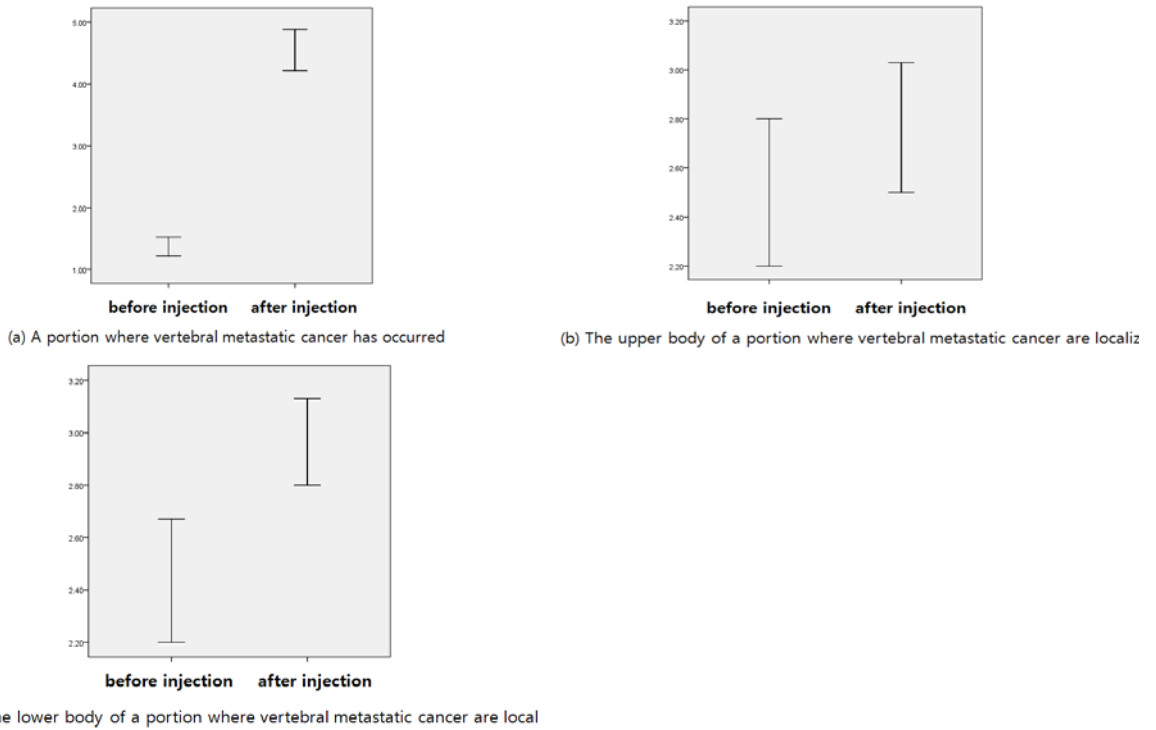


Fig 2. Graph of diffusion SNR values for the before and after injection subjects (spine cancer group)

Notes: SNR: signal to noise ratio

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, SNRs at all of those assessed locations significantly increased on the DWI after contrast agent injection compared to before.

Table 2. A comparison of the C/N ratios between the before and after injection on diffusion-weighted MR images (spine cancer group)

Subject group	Before injection		After injection	
	upper site	lower site	upper site	lower site
spine cancer group	3.03±0.23	3.13±0.14	3.24±0.21	3.37±0.14

Notes: Numbers are expressed as mean± standard deviation.

CNR unit : Not

Spine cancer site: a portion where vertebral metastatic cancer has occurred

upper site: the upper body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

lower site: the lower body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, CNRs at all of those assessed locations significantly increased on the DWI after contrast agent injection compared to before (p <0.05)

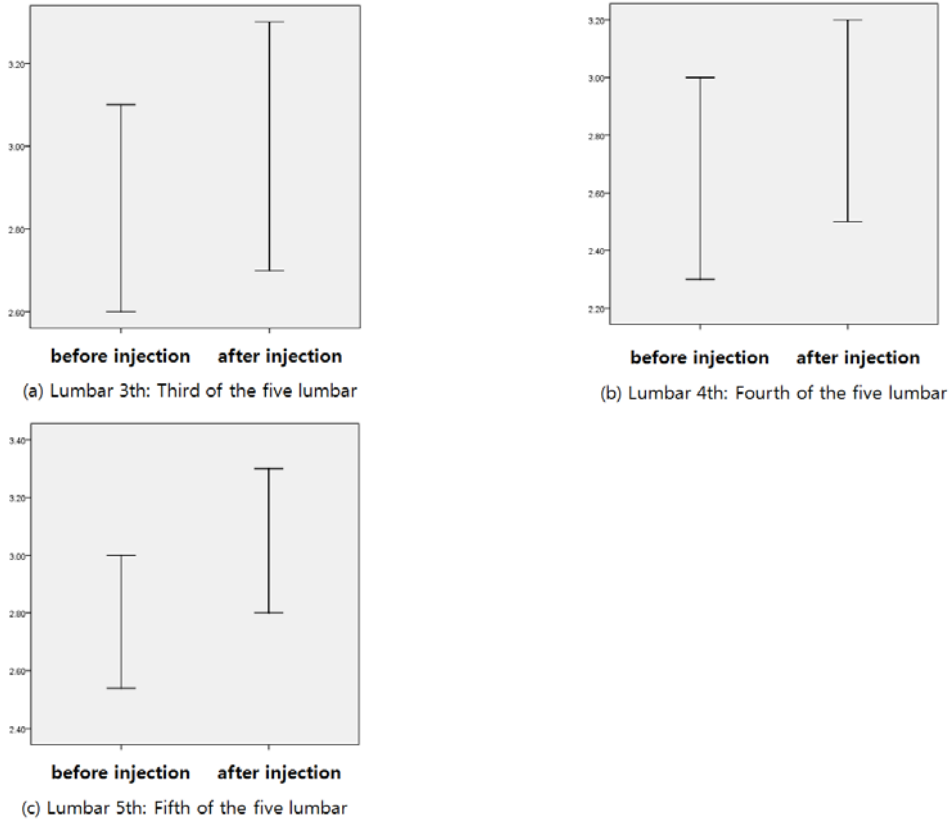


Fig 3. Graph of diffusion SNR values for the before and after injection subjects (health group)

Notes: SNR: signal to noise ratio

With reference to the health group, significantly increased SNRs were found at all of the assessed locations on the DWI image after injection compared to before ( $p < 0.05$ )

## 2. 두 그룹의 ADC map 영상에서의 조영제 주입 전·후 비교

전이성 척추암 그룹의 ADC map 영상에서는 조영제 주입 전·후의 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위 신호대 잡음비는 Table 3과 같이 조영제 주입 후 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소하였으며(Fig 4.) 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.029( $p < 0.05$ )으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 조영제 주입 전·후의 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부

위 현성 확산계수는 Table 4와 같이 조영제 주입 후 세 부위 모두 가 상대적으로 감소하였으며(Fig 5.) 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.029( $p < 0.05$ )으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 정상 그룹의 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위의 신호대 잡음비는 Table 3과 같이 조영제 주입 후 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소하였으며(Fig 6.) 조영제 주입 전·후의 상관관계를 분석한 결과 유의확률은 0.041( $p < 0.05$ )으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위의 현성 확산계수는 Table 4와 같이 조영제 주입 후 세 부

위 모두 현성확산계수가 상대적으로 감소하였으며(Fig 7.) 조영제 주입 전 후의 상관관계를 분석한 결과 유의

확률은 0.032(p <0.05)으로써 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다.

Table 3. A comparison of the S/N ratios between the before and after injection on ADC map MR images (spine cancer group, health group)

Subject group	Before injection			After injection		
	Spine cancer site	upper site	lower site	Spine cancer site	upper site	lower site
spine cancer group	4.73±	2.95±	2.86±	4.62±	2.76±	2.71±
	0.12	0.27	0.23	0.11	0.24	0.15
health group	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th
	3.02±	3.13±	3.22±	2.79±	2.95±	2.93±
	0.19	0.17	0.28	0.18	0.24	0.24

Notes: Numbers are expressed as mean± standard deviation.

SNR unit : Not

Spine cancer site: a portion where vertebral metastatic cancer has occurred

upper site: the upper body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

lower site: the lower body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

Lumbar 3th: Third of the five lumbar

Lumbar 4th: Fourth of the five lumbar

Lumbar 5th: Fifth of the five lumbar

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, SNRs at all of those assessed locations significantly decreased on the ADC map image after contrast agent injection compared to before (p <0.05) With reference to the health group, significantly decreased SNRs were found at all of the assessed locations on the ADC map image after injection compared to before (p <0.05)

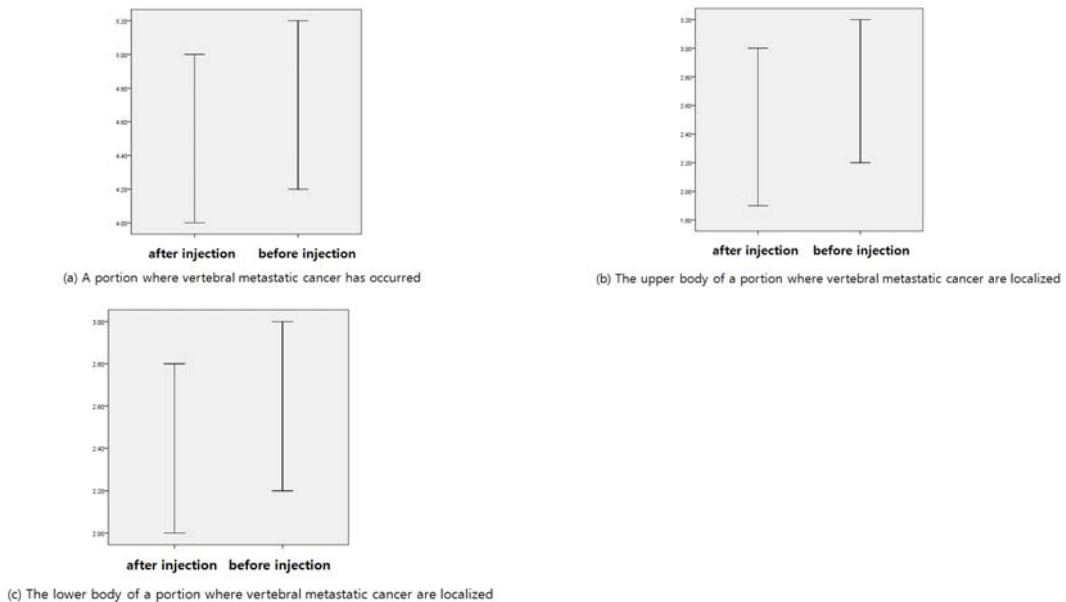


Fig 4. Graph of ADC map SNR values for the before and after injection subjects (spine cancer group)

Notes: SNR: signal to noise ratio

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, CNRs at all of those assessed locations significantly increased on the DWI after contrast agent injection compared to before



Table 4. A comparison of the ADC values between the before and after injection on ADC map MR images (spine cancer group, health group)

Subject group	Before injection			After injection		
	Spine cancer site	upper site	lower site	Spine cancer site	upper site	lower site
spine cancer group	0.254±	0.312±	0.337±	0.231±	0.291±	0.286±
	0.024	0.025	0.024	0.029	0.014	0.0176
health group	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th	Lumbar 3th	Lumbar 4th	Lumbar 5th
	0.324±	0.319±	0.325±	0.301±	0.313±	0.311±
	0.026	0.024	0.016	0.021	0.031	0.012

Notes: Numbers are expressed as mean± standard deviation.

Spine cancer site: a portion where vertebral metastatic cancer has occurred

upper site: the upper body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

lower site: the lower body of a portion where vertebral metastatic cancer are localized

Lumbar 3th: Third of the five lumbar

Lumbar 4th: Fourth of the five lumbar

Lumbar 5th: Fifth of the five lumbar

The ADC values are reported in units×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, ADC values at all of those assessed locations significantly decreased on the ADC map image after contrast agent injection compared to before (p <0.05) With reference to the health group, significantly decreased ADC values were found at all of the assessed locations on the ADC map image after injection compared to before (p <0.05)

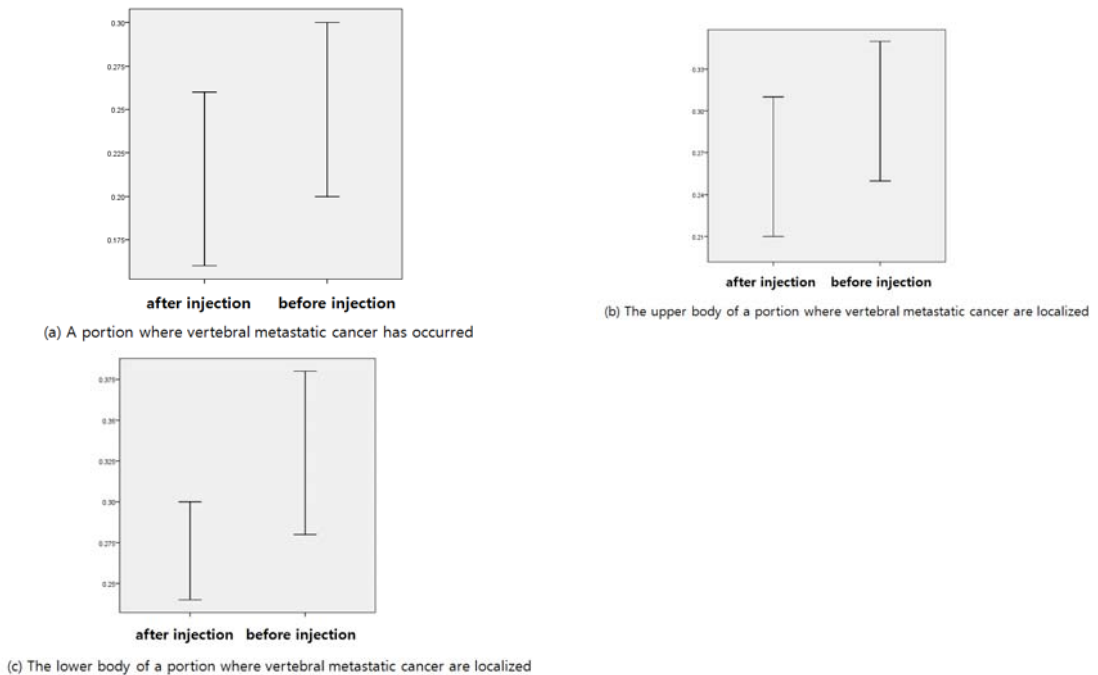


Fig 5. Graph of ADC map ADC values for the before and after injection subjects (spine cancer group)

Notes: The ADC values are reported in units×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s

The quantitative analysis revealed that in case of spinal cancer subjects, ADC values at all of those assessed locations significantly decreased on the ADC map image after contrast agent injection compared to before (p <0.05)

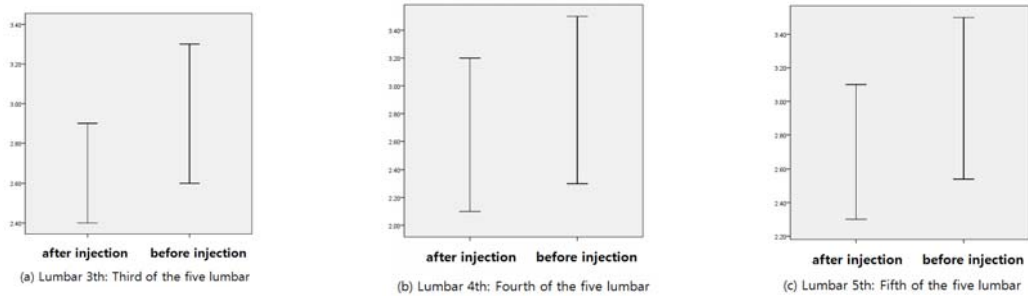


Fig 6. Graph of ADC map SNR values for the before and after injection subjects (health group)

Notes: SNR: signal to noise ratio

With reference to the health group, significantly decreased SNRs were found at all of the assessed locations on the ADC map image after injection compared to before (p <0.05)

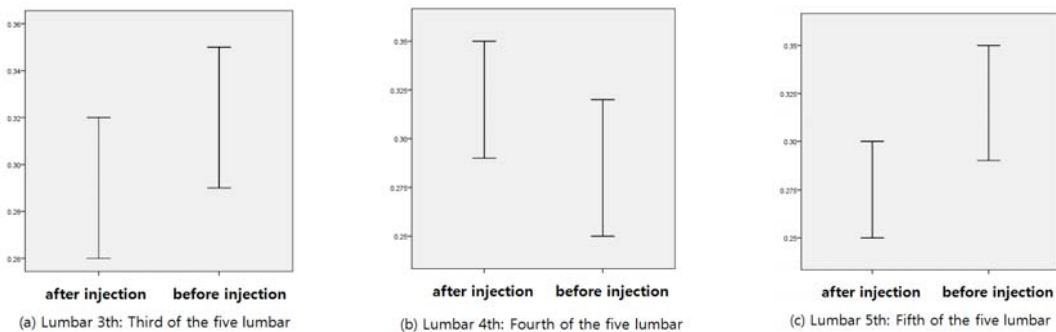


Fig 7. Graph of ADC map ADC values for the before and after injection subjects (health group)

Notes: The ADC values are reported in units×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s

With reference to the health group, significantly decreased ADC values were found at all of the assessed locations on the ADC map image after injection compared to before (p <0.05)

### 3. 정성적 분석 결과

정성적 분석 결과 전이성 척추암 그룹에서 조영제 주입 전 척추암이 있는 부위의 신호 강도는 3.03±0.23 조영제 주입 후 신호강도는 3.03±0.23으로 나타났다. ADC map영상에서는 전이성 척추암 그룹에서 조영제 주입 전 척추암이 있는 부위의 신호 강도는 3.03±0.23 조영제 주입 후 신호강도는 3.03±0.23으로 나타났다. 조영제 주입 후 확산강조영상에서 전이성 척추암이 있는 부위의 신호강도가 증가 하였고 ADC map영상에

서는 신호강도가 감소하였다. (Fig 8.)

### IV. 고찰 및 결론

전이성 골종양은 골종양중 가장 많은 분포를 차지한다고 하였다<sup>[12]</sup>. 척추는 전이성 골종양의 가장 흔한 침범 부위로 알려져 있으며 Nichollas 등<sup>[13]</sup>은 척추로 전이되는 원발 종양으로 폐암, 전립선암, 유방암, 악성 임파종 순으로 보고하고 있고, Black<sup>[14]</sup>과 Torma<sup>[15]</sup>는 폐암, 유방암, 임파종, 육종 순으로 호발한다고 보고

하였다. 그러나 암의 척추 전이 여부가 명확하지 않아 병소를 찾지 못하는 경우도 흔히 있다고 한다. 전이성 척추 종양의 진단에 있어서 단순 방사선 검사는 척추 경의 소실에 도움을 주지만 전이성 종양의 조기 진단에는 많은 어려움을 주고 있고<sup>[16]</sup> 단순 방사선 검사로 약 60 %의 진단이 가능하다고 했었다<sup>[17]</sup>.

하지만 자기공명(magnetic resonance, MR)영상은 각종 질환의 조기 발견, 치료효과 판정 등 인체 병태 생리 현상 연구에 널리 이용되고 있으며 그 사용이 급속히 증가하고 있다<sup>[18],[19]</sup>. 또한 비 침습적이며, 방사선 노출이 없는 장점이 있으며, 연부조직의 변화까지도 관찰할 수 있고, 척추 종양의 진단 및 치료 계획 수립에 가장 많은 정보를 얻을 수 있는 검사법이다<sup>[20]</sup>. 한편 척추 종양의 경우 진단 효율을 높이기 위해 조영제를 사용하고 있으며 이는 진단상의 민감도와 특이도를 향상시킬 수 있음이 밝혀졌다. 또한 자기공명영상 기법 중 확산강조영상(diffusion weighted image)은 세포 내의 공간에서 수분의 이동을 영상화하는 기법으로 골격근 손상이 있을 때 근육의 신호 강도 변화를 조기에 모두 알 수 있었으며 특히 상대적으로 미약한 손상을 받은 경우 T2강조영상 보다 유의하게 민감하였고(10) 양성과 악성 척추 압박 골절과 전이성 척추암의 감별 진단에 유용하다고 보고되고 있다<sup>[11]</sup>. 또한 확산 강조 영상은 확산계수를 이용하여 병변에 의해 변화된 조직의 특성을 정량적으로 분석할 수 있다. 결과적으로 척추암의 진단 효율을 높이기 위해서 확산 강조 영상과 조영제 주입 영상을 획득 하고 있다. 그러나 현재 임상에서는 일반적으로 조영제 주입 전에 확산 강조 영상을 획득 하고 있으며 상황에 따라 주입 후에 시행하는 경우도 있다. 선행된 연구에서는 척추가 아닌 뇌 부위에서는 조영제 주입 후에 확산강조영상에서 주입 전에 비해 영상의 차이가 난다고 보고 하였지만 척추암 부위에서의 조영제 주입 전, 후의 연구는 보고되지 않았다. 따라서 본 연구는 조영제 주입 전·후 확산강조영상에서 전이가 된 요추의 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성 확산 계수의 변화를 연구하였으며 연구 결과는 다음과 같다.

**- 두 그룹의 확산강조영상에서의 조영제 주입 전·후 비교**

전이성 척추암 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 척추암 부위와 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세부위의 신호대 잡음비는 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며 정상 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위 신호대 잡음비는 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 증가하였으며 전이성 척추암 그룹의 경우 조영제 주입 전·후의 대조도대 잡음비는 조영제 주입 후 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 두 부위 모두 대조도대 잡음비가 상대적으로 증가하였다. Kci 등<sup>[21]</sup>은 조영제에 의해 세포의 부피가 약간씩 팽창하여 세포 사이에 있는 물 분자들에 대한 압력이 증가하게 되며 이는 물 분자의 확산운동을 제한 할 수 있다고 보고하였다. 즉 연구 결과에서 보듯이 물분자의 확산운동이 작아져서 확산강조영상에서 고신호강도를 나타나 조영제 주입후 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비가 증가한 것으로 사료된다.

**- 두 그룹의 ADC map 영상에서의 조영제 주입 전·후 비교**

전이성 척추암 그룹의 ADC map 영상에서는 조영제 주입 전·후의 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위 신호대 잡음비는 조영제 주입 후 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소하였다. 조영제 주입 전·후의 척추암이 있는 부위의 위, 아래 척추등 세 부위 현성 확산계수는 조영제 주입 후 세 부위 모두 상대적으로 감소하였다. 정상 그룹의 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위의 신호대 잡음비는 조영제 주입 후 세 부위 모두 신호대 잡음비가 상대적으로 감소하였다. 조영제 주입 전·후의 척추체 3, 4, 5번등 세 부위의 현성 확산계수는 조영제 주입 후 세 부위 모두 현성확산계수가 상대적으로 감소하였다. Buadu 등<sup>[22]</sup>은 유방암 환자를 대상으로 조영제 주입 전, 후의 확산강조영상을 획득하여 ADC map 영상에서 현성확산계수를 측정 하였으며 연구 결과 조영제 주입 후 현성확산계수가 감소되었다. 이는 조영제를 주입하게 되면 세포의 부피가 약간씩 팽창하게 되어 세포 사이의 공간에 있는 물 분자들의 압력이 더욱 증가하게 되고 조영제 주입 전과 비교하여 물 분자의 확산운동은 더욱 감소하기 때문이다. 연구 결

과에서 두 그룹의 조용제 주입 전·후의 ADC map 영상에서 조용제 주입 후 현성확산계수가 낮게 나타났으며 이는 조용제를 주입하면 수많은 모세혈관들 내의 압력이 증가하여 물 분자들의 운동을 방해하게 되어 확산운동이 작아진 것으로 사료된다.

본 연구에서는 몇 가지 문제점을 가지고 있는데, 첫째로 대상자의 척추 골밀도에 따라 확산 정도에 영향을 미치고 있으며 골밀도는 성별, 신장, 체중등의 인자에 영향을 있으나 본 연구에서는 이런 인자에 대해서는 고려하지 않았다. 둘째로, 전이된 척추압의 크기와 형태를 고려하지 않아 동일 조건으로 데이터를 측정하는데 큰 문제점이 있었다. 셋째로는 정상 그룹과 전이성 척추압 그룹의 연령, 나이, 성별을 동일 시 하지 않아 객관적인 비교 분석이 어려웠다.

결론적으로 전이성 척추압 환자의 자기공명영상 검사기 확산강조영상은 악성종양의 평가지표로 활용될 있으며 조용제 주입 전 확산강조영상보다 조용제 주입 후 확산강조영상이 악성종양의 평가에 있어서 더욱 효용성이 높을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 2010년도 한림성심대학 학술연구비 지원 사업에 의하여 수행되었음

### 참고 문헌

[1] Weigel B, Maghsudi M, Neumann C, Kretschmer R, et al: Surgical management of symptomatic spinal metastases, Spine, Vol 24, PP2240-2246, 1999

[2] Wise JJ, Fischgrund JS, Herkowitz HN, Montgomery D, et al: Complication, survival rates, and risk factors of surgery for metastatic disease of the spine, Spine, Vol 24, PP 1943-1951, 1999

[3] Yuh WT, Quets J, Lee HJ, Simonson TM, et al: Anatomic distribution of metastases in the vertebral body and modes of hematogenous spread, Spine, Vol 21, PP 2243-2250, 1996

[4] Jaffe H : Tumors and tumorous conditions of the bones and joints. Philadelphia, Lea & Febiger, Vol 12, PP 589-613, 1958

[5] Tazi H, Manunta A, Rodriguez A, Patard JJ, et al: Spinal cord compression in metastatic prostate cancer, Eur Urol, Vol 44, PP 527-32, 2003

[6] Berruti A, Dogliotti L, Bitosi R, Fasolis G, et al: Incidence of skeletal complications in patients with bone metastatic prostate cancer and hormone refractory disease: predictive role of bone resorption and formation markers evaluated at baseline, J Urol, Vol 164, PP 1248-53, 2000

[7] Perez DJ, Powles TJ, Milan J, Gazet JC, et al: Detection of breast carcinoma metastases in bone: relative merits of X-rays and skeletal scintigraphy, Lancet, Vol 2, PP :613-6, 1983

[8] Lote K, Walloe A, Bjersand A: Bone metastasis. Prognosis, diagnosis and treatment, Acta Radiol Oncol, Vol 25, PP 227-32, 1986

[9] Sung Moon Jun, Chang Won Kyu: The Diagnosis and Treatment of Osteoporosis, Yeungnam Univ. J. of Med, Vol 25, PP 19-30, 2008

[10] 10. Ki Jun Kim, M.D: 토끼 골격근 손상의 자기공명영상. 확산강조영상과 T2강조영상의 비교, 대한방사선의학회지, Vol 42, PP 175-179, 2000

[11] Bauer A, Stabler A, Bruning R, et al: Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: differentiation of benign versus pathologic compression fractures, Radio logy, Vol 207, PP 349-356, 1998

[12] Chung CY, Lee SY, Baek GH, Lee SH, et al: Clinical analysis of metastatic bone tumor. J Korean Orthop Surgery, 26 : 1855-1859 (1991)

[13] Nicholls PJ, Jacrecky TW: The value of posterior decompression by laminectomy for malignant tumors of the spine, Clin Orthop, Vol 201, PP 201-213, 1985

[14] Black P: Spinal metastasis : Current status and recommended guidelines for management, Neurosurgery, Vol 5, PP7 26-746, 1979

[15] Trma T: Malignant tumors of the spine and the spinal epidural space : A study based on 250 histologically verified cases, Acta Chir Scand, Vol 225, PP 1-176, 1957

[16] Woo YK, Rhee SK, Kim HM: Sugical treatment of metastatic tumor of spine, Korean Orthop Surgery, Vol 28, PP 1774-1782, 1993

[17] Norman A, Kambolis CP: Tumors of the spine and their relation to intervertebral disc, Am J Roentgenol, Vol 92, PP 1270-1274, 1964

[18] Fuchs VR, Sox HC Jr: Physicians' views of the relative importance of thirty medical innovations, Health Aff, Vol 20, PP 30-42, 2001

[19] Vastag B: 2003 Nobels awarded for pioneering research in

MRI, cellular channels, JAMA, Vol 290, PP 2245-6, 2003

- [20] Godersky JC, Smoker WRK and Knutzon R: Use of magnetic resonance imaging in the evaluation of metastatic spinal disease, Neurosurgery, Vol 21, PP 676-680, 1987
- [21] Kei YK, Hiroshi, K: Effect of Intravenous Gadolinium DTPA on Diffusion Weighted Images:Evaluation of Normal Brain and Infarcts. Stroke, Vol 33, PP 1799-1802, 2002
- [22] Ricci C, Cova M, Kang YS: Normal age-related patterns of cellular and fatty bone marrow distribution in the axial skeleton: MR imaging study, Radiology, Vol 177, PP 83-88, 1990