

# 유방 MRI 검사에서 확산강조영상의 정량적 분석

조재환\*, 김현주\*\*, 홍인식\*\*\*, 이해각\*\*\*

경산1대학 방사선과\*, 순천향대학교 부천병원 영상의학과\*\*, 순천향대학교 컴퓨터공학과\*\*\*

## The quantitative analysis of Diffusion Weighted Imaging in Breast MRI

Jaehwan Cho\*, Hyeonju Kim\*\*, Yinsik Hong\*\*\*, Haekag Lee\*\*\*

Department of Radiological Science, Gyeongsan University College\*, Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital\*\*, Department of Computer Science and Soonchunhyang University\*\*\*

### 요 약

유방암중 관상피 내암으로 진단 받은 환자를 대상으로 확산강조 영상을 정량적으로 비교 분석하여 확산강조영상의 효과와 유용성을 고찰 해보고자 한다. 조직학적으로 관상피 내암으로 진단 받은 환자 20명을 대상으로 3.0T MR scanner를 이용하여 확산강조영상과 ADC map 영상을 획득하였다. 정량적 분석 결과 병변 부위와 정상부위의 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비는 병변 조직에서 높은 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비를 보였으며 병변 부위와 정상부위의 현성확산계수는 병변 조직에서 낮은 현성확산계수를 보였다.

중심단어: 확산강조영상, 현성확산계수, 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 관상내피암

### Abstract

The purpose of this study was to examine the usefulness of diffusion weighted images in breast MRI by performing a quantitative comparative analysis in patients diagnosed with DCIS. On a 3.0T MR scanner, diffusion weighted images and ADC map images were obtained from 20 patients histologically diagnosed with ductal carcinoma in situ (DCIS). The findings from the quantitative image analysis are the following: The diffusion weighted images showed higher SNR and CNR at the lesion area. In addition, the ADC values were lower at the lesion area.

Key words : diffusion weighted image, ADC value, SNR, CNR, DCIS

### I. 서론

유방암은 우리나라에서 2001년 보건복지부 통계로 보면 전체 여성 악성 종양 발생률에서 1위를 차지하고 있으며 2005년 전체 여성 암 사망률 6위를 차지하고 있고 점차 그 비중이 증가하는 추세이며 유방암 중에

서도 침윤성 관상피암(invasive ductal carcinoma)은 유방암을 이루는 세포에서 기원한 암으로 발병율이 전체 유방암의 80%를 차지하는 대표적인 유방암이다<sup>[1]</sup>. 유방암의 진단에는 유방 촬영술(mammography), 유방 초음파 촬영술, 절제 생검(excisional biopsy)을 이용한 조직 검사, 자기 공명 영상(magnetic resonance imaging;MRI) 등이 이용 되고 있다. 그러나 유방촬영술은 방사선 조

Corresponding Author : 이해각

주소: 충남 아산시 신창면 순천향대학교 컴퓨터 공학과, E-mail:lhk7083@sch.ac.kr, Tel: +82-(0)11-277-7083

투고 일자: 2011년 04월 18일, 심사일자: 2011년 05월 30일, 수정 일자: 2011년 06월 09일, 게재 확정일자: 2011년 06월 14일

사가 많으며 젊은 여성이나 수술 후 변형된 유방의 유방암 발견에 있어서 민감도와 특이도가 떨어진다<sup>[2]</sup>. 절제 생검을 이용한 조직검사인 경우 병변의 일부만을 절제하였기 때문에 남아있는 병변에 대한 추적 검사가 필요하고 각각 미용상의 불만족, 수 차례에 걸친 바늘 삽입의 필요성<sup>[3]</sup> 등이 문제가 되고 치밀 유방에서는 검체의 확보가 어려워 불충분한 검체의 빈도가 3.5-11%로<sup>[4],[5]</sup> 높다는 문제점이 지적되고 있다. 유방 MRI의 경우에는 Boetes 등<sup>[6]</sup>은 MRI가 유방암의 크기를 평가하는 데 유방 촬영술이나 초음파보다 정확하다고 하였고, 다른 연구 결과에서도 MRI가 유방암의 침범을 비교적 정확하게 규명할 수 있다고 하였다. 또한, Malur 등<sup>[7]</sup>은 MRI가 초음파나 유방 촬영술에 비하여 암 침범을 더 정확하게 발견한다고 보고하였다. 특히 조영증강 MRI는 유방암을 진단하는 데 있어 여러 검사들 중 가장 민감도(sensitivity)가 높은 것으로 연구 보고 되고 있다<sup>[8],[9]</sup>. 그러나 검사 시간이 길고 영상 수가 많으며 조영제의 부작용이 있는 경우 검사를 시행하지 못할 수 있다. 반면 유방 확산강조영상은 짧은 시간에 유방 전체 스캔이 가능하고 판독이 비교적 간단하며 조영제를 사용하지 않는 장점이 있다. 확산강조영상(diffusion weighted image)은 세포 내외 공간에서 수분의 이동을 영상화하는 기법으로 골격근 손상이 있을 때 신호 강도 변화를 조기에 진단할 수 있다고 보고하고 있다<sup>[10]</sup>. 또한 이런 수분의 확산 정도를 수치로 나타낸 것을 현성 확산계수(apparent diffusion coefficient; ADC)라 하며 이는 세포 기질변화에 민감하여 진단에 있어서 유용한 정보를 제공한다고 보고하고 있다<sup>[11]</sup>. 신경계나 근골격계 부위에서의 확산강조영상의 관련된 연구는 많이 보고가 되었지만 유방암 확산강조영상에 대한 문헌은 적다. 이에 저자는 확산강조영상을 정량적으로 비교 분석하여 확산 강조영상의 유용성에 대해 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

2009년 3월부터 2009년 12월까지 조직학적으로 관

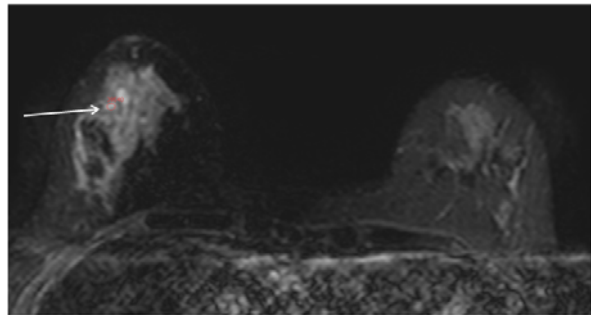
상피 내암으로 진단 받은 환자 중 악성 종양의 크기가 10mm<sup>3</sup> 이상인 환자 20명을 대상으로 하였고 연령은 42세에서 61세까지 이었으며 평균 나이는 52.8세이고 환자들 중 MRI를 시행하기 전 방사선 치료나 치료 전 항암화학요법(neoadjuvant chemotherapy)을 받은 경우는 제외 하였다.

### 2. 데이터 획득

MR영상의 획득은 3.0T MR scanner(Signa 3.0T HDx, GE Healthcare, Milwaukee, WI)와 HD T/R 8ch breast array coil(In vivo Corp, Gainesville, FL)을 사용하였다.

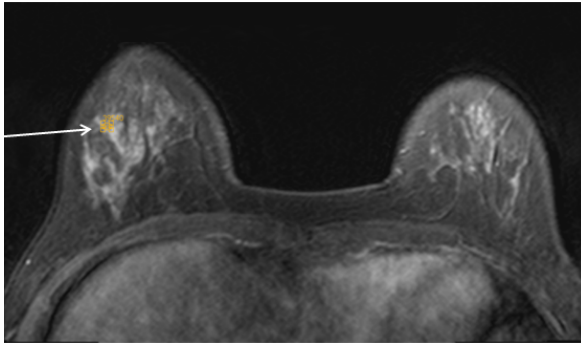
우선 병변의 위치를 확인 하기위해서 fast spin-echo (FSE) 영상법에서 CHESS 기법을 이용하여 지방 소거한 횡이완 T2 강조 영상을 획득 하였으며 영상 변수는 다음과 같다. [그림 1]

반복시간(TR): 6000ms, 에코시간(TE): 90ms, 화소배열수(Matrix): 288×224, 여기횟수(NEX): 4, 절편두께(Slice thickness): 5.0mm, 영상영역(FOV, field of view): 380mm



[그림 1] 지방 소거한 횡이완 T2 강조 영상

또한 병변 부위를 더 정확히 확인하기 위해서 VIBRANT(Volume Imaging for Breast Assessment) 3D기법을 이용하여 횡단면으로 역동적 조영증강 영상을 얻었다. 우선 조영제 주입 전 영상을 획득 한 다음 0.5mmol/ml의 가돌륨제제(gadodiamide)의 조영제를 주입하면서 동시에 4번의 횡단면 영상을 획득 하였으며 영상 변수는 다음과 같다. [그림2]



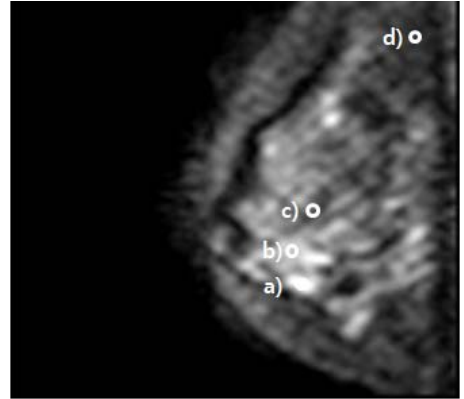
[그림 2] 역동적 조영증강 영상

반복시간(TR): 9ms, 에코시간(TE): 4.25ms, 화소배열 수(Matrix): 512×320, 여기횟수(NEX): 1, 절편두께(Slice thickness): 20mm, 영상영역(FOV, field of view): 320mm, 숙임각(flip angle): 100

확산강조영상은 에코평면영상(single-shot echoplanar imaging) 기법을 이용하여 b value가 0 second/mm<sup>2</sup> 와 800 second/mm<sup>2</sup> 일 때 시상면 영상을 얻었으며 영상 변수는 다음과 같다.

반복시간(TR): 5168ms, 에코시간(TE): 52ms, 화소배열 수(Matrix): 368×512, 여기횟수(NEX): 1, 절편두께(Slice thickness): 30mm, 영상영역(FOV(field of view)): 130mm

획득한 확산강조영상은 Advantage Workstation(Ver 4.3, Revision 4. GE healthcare. Milwaukee. WI)으로 보내져 병변이 있는 부위, 병변이 없는 근접한 부위, 유관, 지방조직의 신호 강도(signal intensity)를 측정하였고 현성확산계수를 측정 하기위해 ADC map영상을 획득 하였다. 측정 부위는 병변의 중앙 부위와 주위 조직인 유관조직과 지방조직의 측정을 위해 병변이 있는 유방 부위의 한쪽 끝 부위에 관심영역(ROI)을 위치시켰으며 정상 부위에서는 병변이 없는 근접한 부위에 관심영역을 위치 시켰으며 관심영역의 크기는 15mm<sup>2</sup>이다. [그림 3]



[그림 3] 관심영역의 위치

실험에 대한 정량적 분석방법으로 확산강조영상에서 병변이 있는 부위, 병변이 없는 근접한 부위, 유관, 지방조직에서 관심영역 4곳의 신호대 잡음비(signal to noise ratio), 현성확산계수, 대조도대 잡음비를 구하고 평균화 하였다. 신호대 잡음비는 병변의 중앙 부위, 정상 부위, 유관조직, 지방조직에서의 신호 강도 값을 백그라운드 표준편차(background standard deviation)의 신호강도 값으로 나누어 계산하였다. 대조도대 잡음비는 병변 부위에서는 유관과 지방 조직의 신호대 잡음비를 기준으로 병변 조직의 대조도대 잡음비(contrast to noise ratio)를 구하고 평균화 하였으며 정상 부위에서는 유관과 지방 조직의 신호대 잡음비를 기준으로 정상 조직의 대조도대 잡음비를 구하고 평균화 하여 두 부위 간에 수치를 비교 분석하였다. 병변부위와 정상부위의 대조도대 잡음비는 병변과 정상 부위의 신호강도와 유관과 지방조직의 신호강도 차이를 백그라운드 표준편차의 신호강도 값으로 나누어 계산하였다. 백그라운드 표준편차는 위상부호화방향(phase encoding direction)인 유방 표면의 좌상단과 우하단 두 곳에서 측정하여 평균값과 표준 편차로 나타냈다.

병변 부위와 정상 부위에서 획득한 관심영역의 신호대 잡음비, 대조도대 잡음비, 현성확산계수의 평균 값 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.

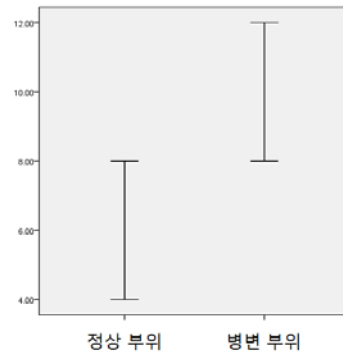
### III. 결과

정량적 분석결과 병변부위에서는 병변 조직의 신호대 잡음비는  $10.24 \pm 2.24$ , 정상 조직은  $6.24 \pm 1.24$ , 유관 조직은  $3.56 \pm 1.37$ , 지방 조직은  $3.29 \pm 2.15$ 로 나타났다. 대조도대 잡음비는 유관을 기준으로 했을 때 병변 조직은  $3.35 \pm 1.21$ , 지방 조직을 기준으로 했을 때 병변 조직은  $3.11 \pm 1.28$ 로 나타났다. 정상부위의 대조도대 잡음비는 유관을 기준으로 했을 때 정상 조직은  $2.03 \pm 1.24$ , 지방 조직을 기준으로 했을 때 병변 조직은  $2.11 \pm 1.99$ 로 나타났다. [표 1]

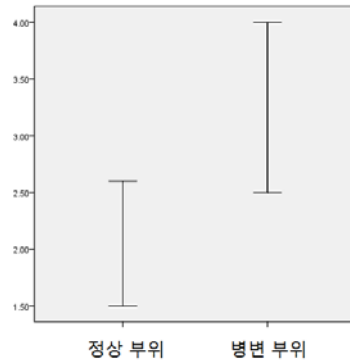
[표 1] 확산강조영상에서의 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비

그룹	신호대 잡음비			대조도대 잡음비	
	병변, 정상	유관	지방	유관 기준	지방 기준
병변 부위	$10.24 \pm 2.24$	$3.56 \pm 1.37$	$3.29 \pm 2.15$	$3.35 \pm 1.21$	$3.11 \pm 1.28$
정상 부위	$6.24 \pm 1.24$	$3.56 \pm 1.37$	$3.29 \pm 2.15$	$2.03 \pm 1.24$	$2.11 \pm 1.99$

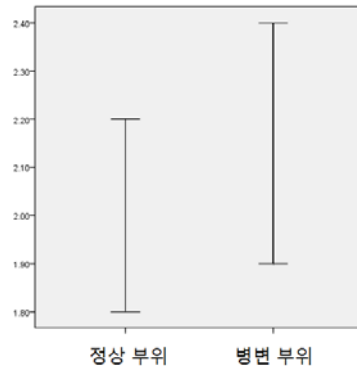
두 부위에서 병변 조직과 정상 조직의 신호대 잡음비는  $p=0.015$ 로 병변 조직과 정상 조직의 신호대 잡음비는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. ( $p < 0.05$ ) 두 부위의 대조도 잡음비는 통계적으로 유관 기준으로 병변 조직과 정상 조직은  $p=0.024$ , 지방기준으로  $p=0.038$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. ( $p < 0.05$ ) 즉 병변 부위와 정상부위의 신호대 잡음비는 병변 조직에서 높은 신호대 잡음비를 보였으며 대조도대 잡음비는 병변 부위에서 높은 대조도대 잡음비를 보였다. [그림 4], [그림 5], [그림 6]



[그림 4] 병변 부위와 정상부위의 신호대 잡음비



[그림 5] 유관 기준으로 병변 조직과 정상 조직의 대조도대 잡음비



[그림 6] 지방 조직 기준으로 병변 조직과 정상 조직의 대조도대 잡음비

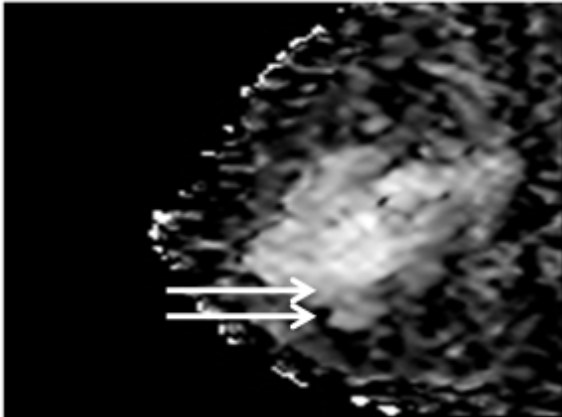
병변부위에서는 병변 조직의 현성확산계수는  $0.137 \pm 0.024$ , 정상 조직은  $0.169 \pm 0.029$ , 유관 조직은  $0.176 \pm 0.023$ , 지방 조직은  $0.149 \pm 0.014$ 로 나타났다. [표 2]

[표 2] 확산강조영상에서의 현성확산계수( $10^{-2} \text{ mm}^2/\text{s}$ )

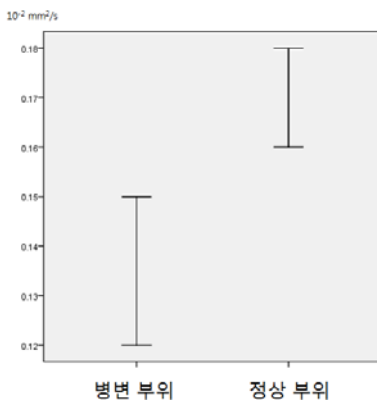
그룹	신호대 잡음비		
	병변, 정상	유관	지방
병변 부위	0.137 ± 0.024	0.176 ± 0.023	0.149 ± 0.014
정상 부위	0.169 ± 0.029	0.176 ± 0.023	0.149 ± 0.014

두 부위에서 병변 조직과 정상 조직의 현성확산계수는  $p=0.035$ 로 병변 조직과 정상 조직의 현성확산계수는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. ( $p<0.05$ )

즉 병변 부위와 정상부위의 현성확산계수는 병변 조직에서 낮은 현성확산계수를 보였다. [그림 7], [그림 8]



[그림 7] 병변 조직과 정상 조직의 ADC MAP 영상



[그림 8] 병변 조직과 정상 조직의 현성확산계수

#### IV. 결론 및 고찰

확산강조 자기공명영상(diffusion weighted magnetic resonance imaging; DWI)은 물분자의 확산 운동에 예민한 경사자계(magnetic gradient)를 걸어, 허혈성 변화 직후에 수반되는 세포 팽창성 부종과 그로 인한 물분자의 확산 운동 제한을 신호변화를 통하여 얻어내는 영상이다<sup>[10]</sup>. 확산강조에 대한 연구는 과거에는 주로 뇌 부위에서 연구가 이루어지고 있으나 현재에는 다른 조직에서도 연구가 이루어지고 있다<sup>[11]</sup>. 하지만 유방 확산강조영상은 아직 연구가 미비한 실정이다. 유방 확산강조영상은 EPI 기법 사용으로 짧은 시간에 스캔할 수 있어지면서 움직임에 의한 인공물을 줄이게 되었고, 현성 확산계수 값(ADC value)은 악성 및 양성 병변의 감별과 항암제 치료의 조기 반응 평가에 유용하다고 알려져 있다<sup>[12],[13]</sup>. 유방 확산강조영상의 연구는 주로 정성적 분석이 이루어 졌으며 본 연구는 정량적으로 분석을 하였다. Yoshikawa 등<sup>[4]</sup>의 연구에서 민감도는 94.3%였고 Kuroki-Suzuki 등<sup>[5]</sup>은 확산강조영상에서 조영제를 쓰지 않고도 유방암의 민감도를 97%까지 높일 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 정량적으로 분석을 하였으며 병변 부위와 정상부위의 신호대 잡음비는 병변 조직에서는 병변 부위에서 높은 신호대 잡음비를 보였으며 대조도대 잡음비는 병변 부위에서 높은 대조도대 잡음비를 보였다. 병변 부위와 정상부위의 현성확산계수는 병변 조직에서 낮은 현성확산계수를 보였다. 병변 부위의 대조도 잡음비의 증가는 기존 연구에서 유방암에 대한 민감도가 높다는 연구 결과를 뒷받침 할 수 있는 연구 결과라 볼 수 있다. 또한 현성확산계수의 변화는 병변 조직에서 세포 부종으로 인한 물 분자 확산 운동의 제한에 의해 변화가 있는 것으로 보인다. 연구에서 병변 조직의 현성확산계수가 낮게 나타났으며 이는 병변 주변 조직이 물 분자의 확산 운동에 제한이 있는 것으로 사료된다.

본 연구에는 몇 가지 제한점을 가지고 있는데, 첫째로 연구 대상자를 관상피 내암으로 진단 받은 환자를 하였으며 측정 부위를 병변 부위에 위치 시켰는데 환자 특성과 병기에 따라 신호 강도에 차이가 다르게 나타나 동일한 조건에 의해 측정하지 않은 문제점을 가

지고 있다. 둘째, 한 환자에서 여러 개의 병변이 있을 경우 가장 큰 병변 한 개만을 대상으로 하였기 때문에 작은 병변들은 제외되었고 확산강조영상에서 유방암의 다초점성(multifocal) 및 다발성(multicentric) 병변에 대한 평가가 이루어지지 않았다. 셋째는 정상 조직의 측정시 각 대상자 별로 위치가 달라 객관적 자료 획득이 어려웠다. 결론적으로 확산강조영상은 유방의 MRI 검사에 있어서 높은 신호대 잡음비와 대조대대 잡음비의 영상을 구현함으로써 진단하는데 있어서 높은 정보를 제공 해줄 것으로 사료 된다.

### 참고문헌

- [1] Munetomo E, Akito M, Goi S, et al, "Invasive Ductal Carcinoma of the Breast with a Predominant Intraductal Component," Japanese Journal of Clinical Oncology, Vol. 22, No. 2, pp.84-91, 1992.
- [2] Morris EA, "Breast cancer imaging with MRI," Radiol Clin North Am, Vol. 40, No. 2, pp.443-466, 2002.
- [3] Bear HD, "Image-guided breast biopsy-how, when, and by whom?" J Surg Oncol, Vol. 67, No. 3, pp.1-5, 1998.
- [4] Fornage BD, Faroux M J, Simatos A, "Breast masses: US-guided fine-needle aspiration biopsy," Radiology, Vol. 162, No. 3, pp.409-414, 1987.
- [5] Sneige N, Fornage BD, Saleh G, "Ultrasound-guided fine-needle aspiration of nonpalpable breast lesion: Cystology and histologic findings," Am J Clin Pathol, Vol. 102, No. 4, pp.98-101, 1994.
- [6] Boetes C, Mus RD, Holland R, et al, "Breast tumors: comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent," Radiology, Vol. 197, No. 4, pp.743-747, 1995.
- [7] Malur S, Wurdinger S, Moritz A, et al, "Comparison of written reports of mammography, sonography and magnetic resonance mammography for preoperative evaluation of breast lesions, with special emphasis on magnetic resonance mammography," Breast Cancer Res, Vol. 3, No. 2, pp.55-60, 2001.
- [8] Teifke A, Behr O, Schmidt M, Victor A, Vomweg TW, Thelen M, et al, "Dynamic MR imaging of breast lesions: correlation with microvessel distribution pattern and histologic characteristics of prognosis," Radiology, Vol. 239, No. 4, PP, 351-360, 2006.
- [9] Kuhl CK, Schrading S, Leutner CC, Morakkabati-Spitz N, Wardelmann E, Fimmers R, et al, "Mammography, breast ultrasound and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer," J Clin Oncol, Vol. 23, No. 1, pp. 8469-8476, 2005.
- [10] Albers GW, "Diffusion-weighted MRI for evaluation of acute stroke," Neurology Vol. 51, No. 3, pp.S47-S49, 1998.
- [11] Abou-El-Ghar ME, El-Assmy A, Refaie HF, and El-Diasty T, "Bladder cancer: diagnosis with diffusion-weighted MR imaging in patients with gross hematuria," Radiology, Vol. 251, No. 3, pp. 415-421, 2009.
- [12] Lee KC, Moffat BA, Schott AF, Layman R, Ellingworth S, Juliar R, et al, "Prospective early response imaging biomarker for neoadjuvant breast cancer chemotherapy," Clin Cancer Res, Vol. 13, No. 1, pp.443-450, 2007.
- [13] Guo Y, Cai YQ, Cai ZL, Gao YG, An NY, Ma L, et al. "Differentiation of clinically benign and malignant breast lesions using diffusion-weighted imaging," J Magn Reson Imaging, Vol. 16, pp.172-178, 2002.
- [14] Yoshikawa MI, Ohsumi S, Sugata S, Kataoka M, Takashima S, Kikuchi K, et al. "Comparison of breast cancer detection by diffusion-weighted magnetic resonance imaging and mammography," Radiat Med, Vol. 25, pp.218-223, 2007.
- [15] Kuroki-Suzuki S, Kuroki Y, Nasu K, Nawano S, Moriyama N, and Okazaki M, "Detecting breast cancer with non-contrast MR imaging: combining diffusion-weighted and STIR imaging," Magn Reson Med Sci, Vol. 6, pp.21-27, 2007.