

Correlation Analysis of Diffusion Metrics (FA and ADC) Values Derived from Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging in Breast Cancer

Jae-Heun Lee,¹ Hyo-Yeong Lee^{1,2}

¹Department of Biomedical Health Science, Graduate School of Dongeui University

²Department of Radiological Science, Dongeui University

Received: October 06, 2018. Revised: November 26, 2018. Accepted: November 30, 2018

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the FA(fractional anisotropy) and ADC(apparent diffusion coefficient) values, which were derived from diffusion tensor imaging in breast cancer patients. The diffusion gradient used in this study was derived from quantitative diffusion indices using 20 directions(b-value, 0 and 1,000s / mm²). Quantitative analysis was analyzed using Pearson's correction and qualitative analysis using for correction coefficients. As a result, FA_{min}, FA_{mean} and FA_{max} were 0.098 ± 0.065 , 0.302 ± 0.142 and 0.634 ± 0.236 , respectively($p > 0.05$). The ADC_{min}, ADC_{mean} and ADC_{max} were 0.741 ± 0.403 , 1.095 ± 0.394 and 1.530 ± 0.447 , respectively($p > 0.05$). The FA_{min}, FA_{mean}, and FA_{max} mean values were 0.132 ± 0.050 , 0.418 ± 0.094 , and 0.770 ± 0.164 for Category 6 and Kinetic Curve Pattern III, respectively. ADC_{min}, ADC_{mean}, and ADC_{max} were 0.753 ± 0.189 , 1.120 ± 0.236 , and 1.615 ± 0.372 , respectively. Quantitative analysis showed negative correlation between ADC_{mean} - FA_{mean} and ADC_{max} - FA_{max}($p = 0.001$, 0.003). The qualitative analysis showed ADC 0.628($p = 0.001$), FA 0.620($p = 0.001$) in the internal evaluations, ADC 0.677($p = 0.001$), FA 0.695($p = 0.001$) in external evaluations. In conclusion, based on the morphological examination, time to signal intensity graph is the form of wash-out(pattern III) in the dynamic contrast enhance examination, As a result, the ADC_{mean} 1.120 ± 0.236 and FA_{mean} values were 0.032 ± 0.142 with a negative correlation ($Y=1.44-1.12X$). Therefore, If we understand the shape of time to signal intensity graph and the relationship between ADC and FA, It will be a criterion for distinguishing malignant diseases in breast cancer.

Keywords: DTI, FA, ADC, IDC, DCIS

I. INTRODUCTION

세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하 국제 암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)의 GLOBOCAN 2012에 의하면 여성에 있어서 유방암(Breast cancer)은 발병률(mobility rate of disease)과 사망률(mortality rate of disease)이 각각 25.2%, 14.7%이고 유방암의 발병률과 유방암으로 인한 사망률이 점차 증가하고 있다고 보고하였다.^[1] 2017년도 한국 유방암학회

(Korean Breast Cancer Society) 보고에 의하면 유방암의 발생 건수가 2010년 10만 명당 67.2명에서 2012년 10만 명당 76.8명, 그리고 2014년 84.3명으로 지속해서 증가했다고 밝혔다. 1999년부터 2014년까지 조사된 여성 연령 표준암 발생률 추이를 보면 유방암은 유일하게 증가 추세를 보였으나 2005년 이후 연평균 증가율이 7.5%에서 4.5%로 감소하였다.^[2] 특히 유방암 중에서도 침윤성 관상피암(invasive ductal carcinoma)은 유관을 이루는 세포에서 기원한 암으로 발병률이 전체 유방암의 80%를

* Corresponding Author: Hyo-Yeong Lee E-mail: lhy250@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2679

차지하는 유방암이다.^[3] 이러한 유방암 발병 위험도의 증가에도 불구하고 우리나라의 유방암 사망률은 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 국가 중 최저를 기록하고 있다.^[4]

유방암의 진단에는 유방 엑스선(mammography), 유방 초음파(sono), 절제 생검(excisional biopsy)를 이용한 조직 검사, 자기공명영상검사(magnetic resonance imaging, MRI) 등이 이용되고 있다. 유방 MRI 검사의 경우 양성과 악성 종괴의 감별, 유방암 환자의 수술 전 병기 결정, 수술 전 항암요법에 대한 종양의 반응 평가, 유방 성형 여성의 평가에 사용되고 있다. 이 부위에 적용되고 있는 확산 강조영상(diffusion weighted image, DWI)은 세포 내·외 공간에서 물 분자의 이동을 영상화하는 기법으로 병변이 있을 때 신호 강도 변화를 조기에 진단할 수 있어 여러 부위 검사에 널리 활용되고 있으며, 이러한 물 분자의 확산 정도를 수치로 나타내어 세포의 기질변화를 조기에 진단할 수 있는 현성 확산계수(apparent diffusion coefficient, ADC)가 사용된다.^[5,6] 또한 물 분자 확산의 정도나 방향을 측정하고 평가할 수 있는 기법인 확산텐서영상(diffusion tensor imaging, DTI)를 이용하기도 한다. 이는 확산 강조 영상을 기초로 하여 만들어진 영상기법으로 영상을 얻을 때 사용되어지는 경사자장(절편선택, 위상부호화, 주파수 부호화)외에 매우 강한 확산 강조 경사자장인 확산 기울기(diffusion gradient)를 최소 6개의 다른 방향(xx, yy, zz, xy, yz, zx)을 추가로 사용하여 방향별 확산계수를 화소별로 계산하여 지도화한다. 이러한 정보를 이용해 조직의 확산 지표인 비등방성 확산의 크기를 나타내는 FA(fractional anisotropy) map을 얻을 수 있다.^[7] 유방의 구조는 다양하고 복잡하여 기존에 적용된 3방향의 확산 강조영상의 경우 비등방성을 가지는 악성 병변을 예측하는데 제한점을 가지고 있어 개선할 필요성이 있다. Kim 등^[8]은 DTI에서 도출된 평균 확산 계수와 FA 값을 비교하여 정상 부위와 병변 영역에 질 환 판별에 관한 연구가 있었다. 이에 저자는 유방암의 고위험 질환인 침윤성 관상피암과 상피 내 암을 대상으로 형태학적 조직 검사(core needle biopsy, CNB)로 유방암을 진단받고 수술 전 확산텐

서영상에서 도출된 정량적 확산 지표인 FA와 현성 확산계수(ADC) 값을 비교하고 이 두 사이의 상관관계를 분석하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 대상 및 장비

본 연구는 부산 지역에 위치한 일개 대학병원에서 2017년 01월 01일부터 12월 31일까지 총생검술(core needle biopsy, CNB)로 암 진단을 받고 2주 뒤 수술 전 유방 자기공명영상검사를 의뢰받은 환자 68명(평균 연령 54.76 ± 13.62 세)중 침윤성 관상피암(invasive ductal carcinoma, IDC) 50명, 상피 내 암종(ductal carcinoma in situ, DCIS) 10명, 기타 8명을 대상으로 후향적 연구를 진행하였다.

2. 연구 방법

유방 자기공명 검사에 사용된 장비는 Magnetom skylar 3.0T (Siemens Medical solutions, Erlangen, Germany)를 사용하였으며 고신호 강도를 획득하기 위해 유방 전용 코일(18 channel breast array coil; Siemens Medical solutions, Erlangen, Germany)을 사용하였다. 병변의 위치를 확인하기 위하여 T2 Turbo spin echo Sagittal fatsuppression 검사를 선행하고 역동적 조영 검사(dynamic contrast enhanced, DCE)와 DTI 검사를 시행하였다.

2.1 데이터 분석 방법

확산 텐서 영상의 정량적 분석(quantitative analysis)은 도출된 평균 확산(mean diffusion, MD), ADC, FA map 영상을 최적의 소프트웨어(syngo. via: Siemens Medical Solutions)를 이용하여 조영되는 병변 부위(lesion)에 관심 영역(region of interest, ROI)을 최소 3부위로 세분화하여 평균값과 표준편차로 수치화하였다. 계측시 조기 조영 증강된 영상, 확산 강조 영상, ADC, FA map을 소프트웨어에 동시에 표시하였으며 모든 이미지는 내비게이션 도구를 사용하여 동기화하였다. Fig 1은 유방 MRI 영상 관독을 위한 권고안이다.

영상의 정성적 분석은 Blind test로 진행하였으며, DTI에서 유도된 ADC와 FA map을 10년 이상의 경

력을 가진 영상분석 전문가 6명이 동일 조건에서 일주일 간격을 두고 10회 반복하여 5점 척도화(매우 나쁨, 1점; 나쁨, 2점; 보통, 3점; 좋음, 4점; 우수, 5점) 하였다. 정확한 평가를 위해 syngo.via 소프트웨어를 사용하여 병변 위치 분석을 최적으로 설정하여 평가하였으며, 역동적 조영 검사(dynamic contrast enhanced, DCE)와 시간-신호 강도(time to signal intensity) 그래프를 통해 병변 분석(Pattern)을 하는데 보조적으로 사용되었으며 Fig. 2에 나타내었다. Kuhl[9] 등의 연구에서 Pattern I; 지속형(persistent), Pattern II; 평탄형(plateau), Pattern III; 유실형(washout)으로 분류된다. MRI Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS) 판정 범주(category)는 0, 불완전 판정; 1, 정상; 2, 양성; 3, 양성 가능성 높음; 4, 악성 의심 소견; 5, 악성으로 판독 결과를 제시하였다.

2.2 통계적 분석 방법

통계적 분석은 SPSS for Windows Ver. 22 (SPSS Inc., Chicago, and IL, USA)를 사용하였으며, 정성적 분석은 급내 상관계수(Intraclass correlation coefficients, 이하 ICC)를 이용하였으며, 정량적 분석은 피어슨의 상관분석을 사용하였고, 본 실험의 통계적 유의성을 검증하였다, p-value가 0.05 이하 일 때 유의성이 검증되었다.

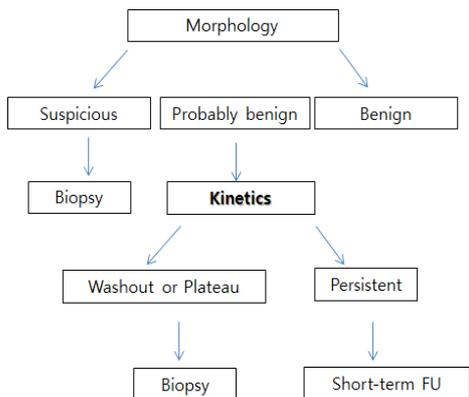


Fig. 1. Recommendation for interpretation of Breast MRI Morphological features and dynamics characteristics are combined and interpreted. If lesions are found to be morphologically cancerous, tissue examinations should be performed regardless of the type of contrast enhancement. If there is any indication of morphological ambiguity, conduct biopsy and monitor short-term n)monitoring if continuous.

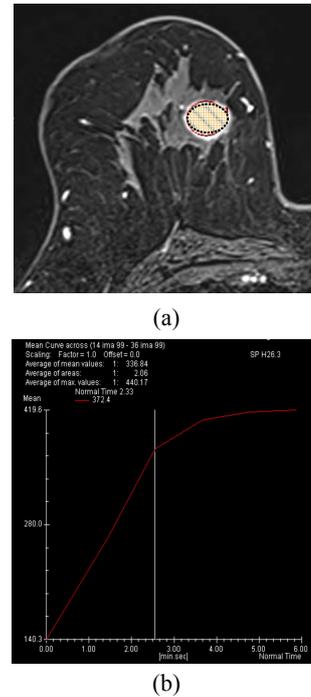


Fig. 2 region of interest (a) and time to signal intensity curve (b).

III. RESULT

1. 정성적 분석 결과

Table. 1, 4에서 제시한 바와 같이 68명의 대상자 중 시간-신호 강도 분석에서 유실형(washout)에 해당하는 대상자 28명을 선정하여 5점 척도로 정성적 분석을 하였다. 그 결과 원내 관측자(1-3번)의 ADC, FA의 평균값은 3.029 ± 1.046 , 2.464 ± 0.945 이고, 원외 관측자 4-6번의 평균값은 4.047 ± 0.715 , 3.857 ± 0.762 값으로 병변 분석에는 ADC가 FA map보다 더 우수한 것으로 나타났다.

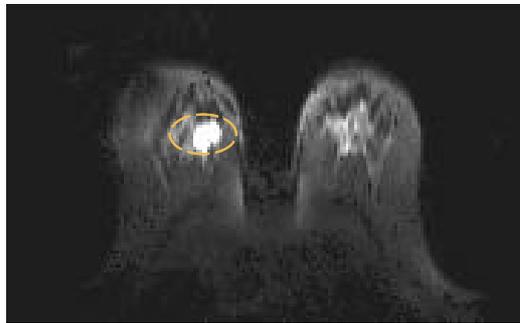
2. 정량적 분석 결과

Table, 2, 5에서 68명의 정량적 분석의 경우 매개 변수 FA_{min} , FA_{mean} , FA_{max} 평균값은 0.098 ± 0.065 , 0.302 ± 0.142 , 0.634 ± 0.236 이고 ADC_{min} , ADC_{mean} , ADC_{max} 는 0.741 ± 0.403 , 1.095 ± 0.394 , 1.530 ± 0.447 로 나타났다($p > 0.05$). 상피 내 암종의 경우 종양의 크기가 2 cm 이상의 경우: 4명, 2 cm 미만의 경우: 6명, 침윤성 관상피암의 경우 종양의 크기가

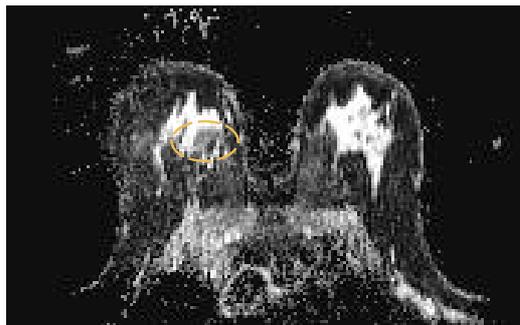
2 cm 이상의 경우: 22명, 2 cm 미만의 경우 28명으로 나타났다.

환자 68명 중 BI-RADS 평가 기준으로 범주 5, 시간-신호강도 그래프가 유실형의 경우는 28명으로 Table 3에서 제시한 바와 같이 FA_{min} , FA_{mean} , FA_{max} 평균값은 0.132 ± 0.050 , 0.418 ± 0.094 , 0.770 ± 0.164 이고 ADC_{min} , ADC_{mean} , ADC_{max} 는 0.753 ± 0.189 , 1.120 ± 0.236 , 1.615 ± 0.372 로 나타났다.

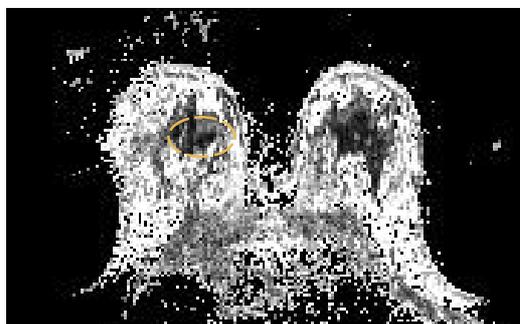
유방암 환자 68명의 대상자에 대한 평균 ADC와 FA map 값은 음의 상관관계($Y=1.44-1.12X$)가 있음을 알 수 있었으며 이는 Fig. 4에서 나타났다.



(a) mean diffusivity (MD)



(b) apparent diffusion coefficient(ADC)



(c) fractional anisotropy (FA) maps

Fig. 3. Quantitative diffusion indicators derived from DTI.

Table 1. Result of qualitative analysis of breast cancer patients with final assessments. (n = 28)

	ADC on DTI (Avg. \pm S.D)	FA (Avg. \pm S.D)
Interclass ^a 1	2.839 \pm 0.875	2.321 \pm 0.905
Interclass 2	3.393 \pm 1.257	2.857 \pm 1.097
Interclass 3	2.857 \pm 1.008	2.214 \pm 0.833
Intraclass ^b 4	3.893 \pm 0.685	4.000 \pm 0.667
Intraclass 5	4.036 \pm 0.774	3.786 \pm 0.787
Intraclass 6	4.214 \pm 0.686	3.786 \pm 0.833

a; internal observer, b; intra observer

Table 2. Result of quantitative analysis of breast cancer between IDC and DCIS. (n = 68)

	Total(n=68) (Avg. \pm S.D)	DCISa(n=10) (Avg. \pm S.D)	IDCb(n=50) (Avg. \pm S.D)
FA_{min}^c	0.098 \pm 0.065	0.124 \pm 0.095	0.092 \pm 0.052
FA_{mean}	0.302 \pm 0.142	0.269 \pm 0.150	0.312 \pm 0.138
FA_{max}	0.634 \pm 0.236	0.519 \pm 0.203	0.656 \pm 0.233
ADC_{min}^d	0.741 \pm 0.403	0.903 \pm 0.557	0.723 \pm 0.353
ADC_{mean}	1.095 \pm 0.394	1.268 \pm 0.444	1.067 \pm 0.381
ADC_{max}	1.530 \pm 0.447	1.633 \pm 0.333	1.526 \pm 0.464

a; invasive ductal carcinoma, b; ductal carcinoma in situ, c; fractional anisotropy, d; apparent diffusion coefficient

Table 3. Result of quantitative analysis of breast cancer patients with category 5 & pattern III. (n = 28)

	Total(n=28) (Avg. \pm S.D)	DCIS(n=4) (Avg. \pm S.D)	IDC(n=24) (Avg. \pm S.D)
FA_{min}	0.132 \pm 0.050	0.221 \pm 0.063	0.119 \pm 0.057
FA_{mean}	0.418 \pm 0.094	0.409 \pm 0.133	0.422 \pm 0.105
FA_{max}	0.770 \pm 0.164	0.644 \pm 0.172	0.838 \pm 0.180
ADC_{min}	0.753 \pm 0.189	0.578 \pm 0.252	0.625 \pm 0.338
ADC_{mean}	1.120 \pm 0.236	1.023 \pm 0.104	0.969 \pm 0.297
ADC_{max}	1.615 \pm 0.372	1.419 \pm 0.101	1.422 \pm 0.297

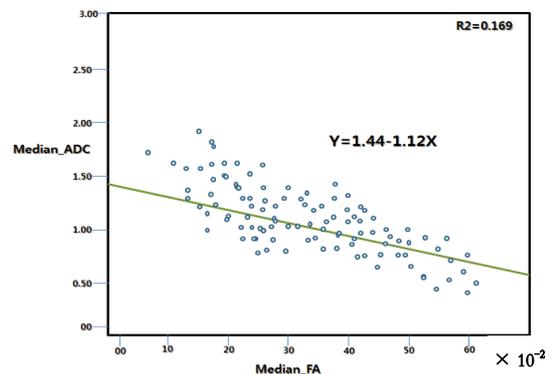


Fig. 4. ADC to FA map relationship graph for Breast cancer.

Table 4. Result of qualitative analysis of breast cancer patients with final assessments.

(n = 28)

	Group	kappa(<i>p</i>)	ICC(95%C.I)	Spearman's rho(<i>p</i>)	
Intra class 1-3	ADC	R1-R2	0.091 (0.495)	0.367 (-0.368, 0.707)	0.218 (0.255)
		R1-R3	0.260 (0.043)	0.536 (0, 0.785)	0.357 (0.062)
		R2-R3	0.150 (0.268)	0.658 (0.261, 0.842)	0.498 (0.007)
	ALL R		0.628 (0.303, 0.816)	0.001*	
Intra class 4-6	ADC	R4-R5	0.186 (0.138)	0.346 (-0.414, 0.697)	0.239 (0.220)
		R1-R3	0.164 (0.166)	0.685 (0.319, 0.854)	0.524 (0.004)
		R2-R3	0.170 (0.208)	0.488 (-0.107, 0.763)	0.343 (0.074)
	ALL R		0.620 (0.288, 0.812)	0.001*	
Intra class 4-6	ADC	R4-R5	0.110 (0.245)	0.449 (-0.190, 0.745)	0.303 (0.117)
		R4-R6	0.737 (0.001)	0.946 (0.882, 0.975)	0.897 (0.001)
		R5-R6	0.076 (0.423)	0.316 (-0.479, 0.683)	0.182 (0.353)
	ALL R		0.677 (0.395, 0.840)	0.001*	
Intra class 4-6	FA	R4-R5	0.295 (0.006)	0.515 (0, 0.776)	0.281 (0.148)
		R4-R6	0.780 (0.001)	0.911 (0.807, 0.959)	0.817 (0.001)
		R5-R6	0.257 (0.014)	0.325 (-0.460, 0.687)	0.137 (0.486)
	ALL R		0.695 (0.429, 0.849)	0.001*	

*means Statistically significant difference, R means rater

Table 5. Statistical Results of quantitative analysis using pearson correlation analysis.

(n = 68)

		age	FA _{min}	FA _{mean}	FA _{max}	ADC _{min}	ADC _{mean}	ADC _{max}	ROI
age	상관	1	-0.304	0.029	0.031	0.234	0.246	0.207	-0.081
	<i>p</i>		0.783	0.812	0.802	0.055	0.403	0.091	0.514
FA _{min}	상관	-0.034	1	0.599**	0.395***	-0.180	-0.080	-0.116	-0.375***
	<i>p</i>	0.783		0.000	0.001	0.141	0.517	0.346	0.002
FA _{mean}	상관	0.029	0.599**	1	0.855**	-0.511**	-0.411**	-0.304*	-0.334**
	<i>p</i>	0.812	0.000		0.000	0.000	0.001	0.012	0.005
FA _{max}	상관	0.031	0.395**	0.855**	1	-0.514**	-0.416**	-0.359**	-0.155
	<i>p</i>	0.802	0.001	0.000		0.000	0.000	0.003	0.208
ADC _{min}	상관	0.234	-0.180	-0.511**	-0.514**	1	0.902**	0.638**	-0.111
	<i>p</i>	0.055	0.141	0.000	0.000		0.000	0.000	0.365
ADC _{mean}	상관	0.246	-0.080	-0.411**	-0.416**	0.902**	1	0.833**	-0.041
	<i>p</i>	0.043	0.517	0.001	0.000	0.000		0.000	0.740
ADC _{max}	상관	0.207	-0.116	-0.304*	-0.359**	0.638**	0.833**	1	0.180
	<i>p</i>	0.091	0.346	0.012	0.003	0.000	0.000		0.143
ROI	상관	-0.081	-0.375**	-0.334**	-0.155	-0.111	-0.041	0.180	1
	<i>p</i>	0.514	0.002	0.005	0.208	0.365	0.740	0.143	

*means Statistically significant difference

IV. DISCUSSION

유방 자기공명 영상은 잔존(remnant) 종양을 진단함에 있어 민감도, 특이도, 정확도가 각각 61.2%, 69.7%, 64.6%로 보고하였다.^[10] 특히 침윤성 관상피암과 관상 내 피암의 크기 진단에서는 유방 촬영술이나 초음파보다 정확하다고 보고된 바 있다.^[11] 또한 조직 검사에서 악성질환의 병변 범위와 예후를 판단하고 치료 방법을 결정하기 위한 평가에서 다초점성(multifocal) 및 다발성(multientric) 병변과 같은 추가 병변을 찾기 위한 수술 전 평가에 유용하다고 보고되었다.^[12] 하지만 양성 및 악성 병변에서 혈관 특성이 중복됨에 따라 정확한 진단에 어려움을 겪고 있다.^[13] 고식적 유방 검사에서는 동적 조영 검사와 형태학적 평가를 위해 확산 강조영상, 현성 확산 계수의 측정을 통하여 악성 병변의 진단을 하였다. 확산강조 영상의 연장인 확산텐서영상의 경우 확산 부호가 최소 6방향 이상이며 더욱 세밀하게 물 분자의 운동을 세밀화할 수 있으며 조직 내 미세구조와 병태 생리학적인 정보를 제공하는 매우 가치 있는 기법이다. 이전 DTI 연구는 매개변수를 측정하여 양성 및 악성 유방 병변 간의 차별화에 초점을 두었으며 양성 및 정상 유방 조직보다 평균 확산(MD) 값이 악성 종양에서 유의하게 낮았다.^[14,15] 정상 섬유 낭 조직은 FA 값이 평균 0.32 ± 0.09 인 낮은 이방성을 보였고, 평균 ADC 값은 1.92 ± 0.30 으로 본 연구와 대조적인 결과 값을 보였다. 본 연구 대상자 68명의 경우 FA_{min} , FA_{mean} , FA_{max} 평균값은 0.098 ± 0.065 , 0.302 ± 0.142 , 0.634 ± 0.236 이고 $ADC_{minimal}$, ADC_{mean} , $ADC_{maximal}$ 은 0.741 ± 0.403 , 1.095 ± 0.394 , 1.530 ± 0.447 로 나타났으며($p > 0.05$), FA_{mean} , ADC_{mean} 의 경우 피어슨의 상관 분석 결과 서로 음의 관계를 나타내었다($p < 0.000$). 악성으로 분류된 28명의 데이터와 비교하면 FA_{min} , FA_{mean} , FA_{max} 평균값은 0.132 ± 0.050 , 0.418 ± 0.094 , 0.770 ± 0.164 이고 ADC_{min} , ADC_{mean} , ADC_{max} 은 0.753 ± 0.189 , 1.120 ± 0.236 , 1.615 ± 0.372 로 나타났으며($p > 0.05$) 유방암 대상자 68명의 FA_{mean} , ADC_{mean} 는 모두 통계적으로 유의한 값을 제시하였다($p < 0.05$). 정상 부위와 비교 시 본 논문에 제시한 유방암 환자의 FA 값은 큰 차이를 보이지 않았지만, 악성 유

방암으로 진단된 경우 약간의 수치 변화를 보여 주었다. 악성 유방 병변에 대한 평균 FA 측정치는 0.15에서 0.55까지 다양하다^[16]는 보고가 있어 본 연구는 그 범위를 크게 벗어나지 않았다. 상대적으로 ADC 값은 의미있는 차이를 보였다. 종양학 선행 연구에서 ADC가 치료 반응의 민감한 바이오 마커임을 보여 주었으며, 유방암 환자에서는 ADC가 신 보조 화학요법을 시행한 환자와 그렇지 않은 환자를 확인하는 중요한 방법의 하나라고 보고되었다.^[17] 본 논문의 결과에서 FA와 ADC의 평균값이 유방암 판정에 있어 음의 상관관계를 나타냄을 알 수 있었고 특히 FA 값이 ADC에 비해 덜 민감한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 몇 가지 문제점을 가지고 있는데, 첫째로 DTI는 와전류 왜곡에 매우 민감하고 EPI 유령 인공물 및 자장 불균형으로 인해 기하학적 왜곡과 강도 왜곡이 발생하였다. 둘째, 기존 연구와 달리 정상 부위와 유방암 부위에 대한 비교 평가가 이루어지지 않았다. 셋째, 전체 종양보다는 DTI 확산 지표에서 가장 큰 직경을 가진 종양 영역 내에서 병변을 분석하였다. 넷째, 침윤성 관상피암보다 상피 내 암종의 사례의 수가 너무 적어 신뢰성 확보에 부족함이 있어 장기적인 기간을 두고 연구할 필요성이 있었다.

V. CONCLUSION

결론으로는 형태학적 조직 검사를 바탕으로 동적 조영 검사에서 시간-신호 강도 그래프는 유실(pattern III: washout) 형태이며, ADC_{mean} 1.120 ± 0.236 , FA_{mean} 값이 0.032 ± 0.142 로 피어슨 상관분석의 결과 음의 상관관계($Y=1.44-1.12X$)로 나타났다. 따라서, 시간대 신호강도 그래프의 형태와 ADC와 FA의 상호관계를 파악한다면 유방암에서 악성 질환을 구분하는 기준이 될 것이라 판단된다.

Reference

- [1] F. Bray, J. Ferlay, I. Soerjomataram, R. L. Siegel, L. A. Torre, A. Jemal, "Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries," CA: a

- cancer journal for clinicians, 2012.
- [2] http://www.medric.or.kr/Uploads/BLibrary/2017_Breast_Cancer_Facts_and_Figures
- [3] E. Munetomo, M. Akito, S. Goi, 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.
- [4] K. W. Jung, Y. J. Won, H. J. Kong, E.S Lee, "Cancer statistics in Korea: incidence, Mortality, Survival, and Prevalence in 2015," *Cancer Research and Treatment*, Vol. 49, No. 2, pp. 292-305, 2017.
- [5] J. H. Cho, H. J. Kim, I. S. Hong, H. K. Lee, "The quantitative analysis of Diffusion Weighted Imaging in Breast MRI," *The Korean Society of Radiology*, Vol. 5, No. 3, pp. 149-154, 2011.
- [6] E. Mohamed, El. Ghar. Abou, El. Assmy. Ahmed, "Bladder Cancer: Diagnosis with Diffusion-weighted MR Imaging in Patients with Gross Hematuria," *Radiology*, Vol. 251, No. 2, pp. 415-421, 2009.
- [7] Y. Takayama, R. Kishimoto, S. Hanaoka, et al., "ADC value and diffusion tensor imaging of prostate cancer: changes in carbon-iron radiotherapy," *J Magn Reson Imaging*, Vol. 27, No. 6, pp. 1331-1335, 2008.
- [8] J. Y Kim, J. J Kim, S. Kim, K. S. Choo, A. R. Kim, H. S. Park, "Diffusion tensor magnetic resonance imaging of breast cancer: associations between diffusion metrics and histological prognostic factors," *European Radiology*, Vol. 28, No. 8, pp. 3185-3193, 2018.
- [9] C. K. Kuhl, P. Mielcareck, S. Klaschik, et al. "Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesion," *Radiology*, Vol. 211, No. 1, pp. 101-110, 1999.
- [10] J. M. Lee, S. G. Orel, M. D. Schnall, B. J. Czerniecki, L. J. Solin, "MRI before Reexcision Surgery in Patients with Breast Cancer," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 182, No. 2, pp. 473-480, 2000.
- [11] T. Hata, H. Takahashi, K. Watanabe, M. Takahashi, K. Taguchi, S. Todo, T. Itoh, "Magnetic Resonance imaging for preoperative evaluation of breast cancer: A comparative study mammography and ultrasonography," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 198, No. 2, pp. 190-197, 2004.
- [12] K. A. Frei, K. Kinkel, H. M. Bonel, Y. Lu, L. J. Esserman, N. M. Hylton, "MR imaging of the breast in patients with positive margins after lumpectomy: influence of the time interval between lumpectomy and MR imaging," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 175, No. 6, pp. 1577-1584, 2000.
- [13] P. Gibbs, G. P. Liney, M. Lowry, P. J. Kneeshaw, L. W. Turnbull, "Differentiation of benign and malignant sub-1 cm breast lesions using contrast enhanced MRI," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 13, No. 2, pp. 115-121, 2004.
- [14] L Tsougos, P. Svolos, E. Kousi, E. Athanassiou, K. Theodorou, D. Arvanitis, et al., "The contribution of diffusion tensor imaging and magnetic resonance spectroscopy for the differentiation of breast lesions at 3T," *Acta Radiology*, Vol. 55, No. 1, pp. 14-23, 2014.
- [15] J. R. Teruel, P. E. Goa, T. E. Sjøbakk, A. Østlie, H. E. Fjøsne, T. T. Bathen, "Diffusion weighted imaging for the differentiation of breast tumors: From apparent diffusion coefficient to high order diffusion tensor imaging," *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 43, No. 5, pp. 1111-1121, 2016.
- [16] E. Furman-Haran, D. Grobgeld, N. Nissan, H. Degani, M. Shapiro-Feinberg, "Can diffusion tensor anisotropy indices assist in breast cancer detection?," *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 44, No. 6, pp. 1624-1632, 2016.
- [17] S. C. Partridge, G. C. Mc Kinnon, R. G. Henry, N. M. Hylton, "Menstrual cycle variation of apparent diffusion coefficients measured in the normal breast using MRI," *European Radiology*, Vol. 14, No. 4, pp. 433-438, 2001.

유방암의 확산텐서 자기공명 영상에서 유도된 확산 지표(FA, ADC) 값의 연관성 분석

이재훈,¹ 이효영^{1,2,*}

¹동의대학교 대학원 보건의과학과

²동의대학교 방사선학과

요 약

유방암을 진단받고 수술 전 확산텐서영상에서 도출된 정량적 확산 지표인 비등방성 확산의 크기(FA)와 현성 확산계수(ADC) 값을 비교하고, 상관관계를 분석하여 보기로 하였다. 확산 그레디언트는 20방향(b-value, 0 및 1,000s/mm²)을 사용하여 정량적 확산 지표를 도출하였다. 정량적 분석은 피어슨의 상관분석, 정성적 분석은 급내 상관계수를 적용하여 분석하였다. 연구 결과는 FA_{min}, FA_{mean}, FA_{max} 평균값은 0.098 ± 0.065, 0.302 ± 0.142, 0.634 ± 0.236이고 ADC_{min}, ADC_{mean}, ADC_{max}은 0.741 ± 0.403, 1.095 ± 0.394, 1.530 ± 0.447로 나타났다(p > 0.05). 병변 평가에서 Category 6이면서 시간대 신호 강도 그래프가 유실형(Pattern III)의 경우는 FA_{min}, FA_{mean}, FA_{max} 평균값은 0.132 ± 0.050, 0.418 ± 0.094, 0.770 ± 0.164이고 ADC_{min}, ADC_{mean}, ADC_{max}는 0.753 ± 0.189, 1.120 ± 0.236, 1.615 ± 0.372로 나타났다. 정량적 분석 결과 ADC_{mean} - FA_{mean}, ADC_{maximal} - FA_{max}는 음의 상관관계가 나타났다(p = 0.001, 0.003). 정성적 분석 결과 내부 평가자의 경우 ADC 0.628(p = 0.001), FA 0.620(p = 0.001)이고, 외부 평가자의 경우 ADC 0.677(p = 0.001), FA 0.695(p = 0.001)로 나타났다. 결론적으로 형태학적 조직 검사를 바탕으로 동적 조영 검사에서 시간대 신호 강도 그래프는 유실(pattern III: wash out) 형태이며, ADC_{mean} 1.120 ± 0.236, FA_{mean} 값이 0.032 ± 0.142로 피어슨 상관분석의 결과 음의 상관관계(Y = 1.44-1.12X)로 나타났다. 따라서, 시간대 신호강도 그래프의 형태와 ADC와 FA의 상호관계를 파악한다면 유방암에서 악성 질환을 구분하는 기준이 되리라 생각된다.

중심단어: 확산텐서영상, 분획 이방성, 현성 확산계수, 침윤성 관상피암, 상피 내 암종

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이재훈	동의대학교 대학원 보건의과학과	대학원생
(교신)	이효영	동의대학교 방사선학과	교수