

Application of Computer-Aided Diagnosis for the Differential Diagnosis of Fatty Liver in Computed Tomography Image

Hyong-Hu Park¹, Jin-Soo Lee^{2*}

Department of Radiological Science, International University of Korea¹

Department of Radiology, Inje University Haeundae Paik Hospital^{2*}

Received: August 12, 2016. Revised: October 15, 2016. Accepted: October 30, 2016

ABSTRACT

In this study, we are using a computer tomography image of the abdomen, as an experimental linear research for the image of the fatty liver patients texture features analysis and computer-aided diagnosis system of implementation using the ROC curve analysis, from the computer tomography image. We tried to provide an objective and reliable diagnostic information of fatty liver to the doctor. Experiments are usually a fatty liver, via the wavelet transform of the abdominal computed tomography images are configured with the experimental image section, shows the results of statistical analysis on six parameters indicating a feature value of the texture. As a result, the entropy, average luminance, strain rate is shown a relatively high recognition rate of 90% or more, the control also, flatness, uniformity showed relatively low recognition rate of about 70%. ROC curve analysis of six parameters are all shown to 0.900 ($p = 0.0001$) or more, showed meaningful results in the recognition of the disease. Also, to determine the cut-off value for the prediction of disease six parameters. These results are applicable from future abdominal computed tomography images as a preliminary diagnostic article of diseases automatic detection and eventual diagnosis.

Keywords: computed tomography image, fatty liver, texture features analysis, ROC curve

I. INTRODUCTION

간은 인체의 중요 기관 중 하나로 대표적인 기능으로 해독작용, 단백질 합성, 양분저장, 쓸개즙 및 요소 등을 생성한다.^[1] 간 질환 중 보편적으로 많이 호발되는 지방간은 간에 지방이 과다하게 많이 차지해서 생기는 질환으로 중성지방이 간 무게의 5% 이상 일 때를 말한다. 지방간은 알콜성 지방간(alcoholic fatty liver)과 비알콜성 지방간(non-alcoholic fatty liver)으로 나누고, 알콜성 지방간의 원인은 주로 음주로 인한 경우가 많고, 비알콜성 지방간은 비만, 당뇨, 스테로이드계의 부작용으로 많이 생긴다.^[2] 지방간은 지방의 축적에 의해 간이 커졌을 경우이며 간세포가 파괴되어 생기는 염증성 간 질환과 구분되기 때문에 지방간의 정확한 진단은 치료의 방향을 결정하는데 매우 중요한 요소이며

예후를 결정하는데 중요한 역할을 한다. 지방간의 진단은 초음파, CT 등의 영상의학적 검사와 혈액 중 간기능 검사인 Aspartate Aminotransferase(AST)와 Alanine Aminotransferase(ALT) 검사를 시행하여 진단한다.^[3] 그러나 영상의학적 검사인 초음파 영상만으로는 지방간의 진행 여부를 정확하게 확인하기는 어렵고 컴퓨터단층검사 영상으로는 간 질환과 지방간의 구별이 난해하여 정확한 진단을 하기가 다소 힘들다. 따라서 이러한 문제점에 따른 진단 오류를 최소화하기 위하여 디지털 의료 영상에 대한 컴퓨터보조진단 시스템 도입을 위해서 다양한 분야에서 연구개발 되고 있다.^[4] 컴퓨터보조진단(Computer Aided Diagnosis)는 객체인식 기술을 기반으로, 질감특징분석, 주성분분석, 동적링크구조, 신경회로망을 이용한 방법 등으로 연구되고 있다.^[5] 여기서 질감은 화소(pixel)의 일정한 패턴을 의미하는 것으로

*Corresponding Author: Jin-Soo Lee

E-mail: sonojinsoo@naver.com

Tel: +82-10-8546-3786

영상분할 및 반복하는 패턴인식(pattern recognition) 등에 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 디지털 CT영상에서 지방간 영상의 간세포의 크기 및 방향, 세포간 거리 등에 대한 규칙성과 불규칙성은 지방간의 진행 정도를 판단하기 위한 척도가 되기 때문에 디지털 의료영상의 특징(feature)을 분석하고 판단하기 위해서는 질감특징분석이 필요하였다.^[6] 영상 처리에 사용되는 기본적인 질감 특징 분석(texture feature analysis) 방법에는 통계적방법과 구조적방법 등이 있다. 영상처리에서 시공간적인 multi scale에서 분석하기 위해서 wavelet 변환을 적용해야 하는데 wavelet 변환은 최근 신호처리나 패턴인식분야에서 자주 사용되는 방법으로 공간영역과 주파수영역에서 관심영역(region of interest)의 특징을 잘 나타내는 특성을 가지고 있어 질감특징분석에 아주 효과적이다.^[7] 따라서 본 연구는 디지털 의료 영상인 컴퓨터단층촬영 영상과 초음파영상에서 판독의 제한적 문제를 최소화하고 정량적인 정보를 전문의에게 제공하여 지방간의 정확한 진단 및 치료방향을 제시하기 위하여 질감 특징 분석을 이용한 통계적 wavelet 변환 기술 기반의 컴퓨터보조진단 시스템을 제안하고 이를 컴퓨터단층촬영 영상에서 지방간 질환에 적용하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 대상 영역의 선정

연구대상의 선정은 영상의학과 전문의의 판독과, 진단검사의학의 진단결과를 토대로 후향적인 증례(case)를 기반으로 정상 간 CT영상 40증례와 지방간 CT영상 40증례를 사용하여 대상 부위의 실험영상을 획득하였다. 실험영상의 획득에 사용된 CT 장비는 SOMATOM Definition(SIEMENS, Germany)이다. 실험의 객관성을 위해 기타 복합질환 영상은 제외하였고 지방간 영상만 채택하여 50×50 pixel 크기로 분석영역(ROI)을 선정하였다. 간은 8개의 구역으로 나누어 구분되며 본 연구에서는 다른 해부적 구조물의 영향이 가장 적은 것으로 판단되는 6구역(Segment 6)을 획득 대상 영역으로 설정하여 실험을 시행하였다. Fig. 1은 선정된 대상영역의 질감특징분석 과정의 다이어그램이다.

2. 연구방법

50×50 pixel 크기로 획득된 실험영상에서 고유영상을 획득하기 위해 학습영상을 정상 간 CT영상으로 설정하였으며, 테스트영상으로 지방간 CT영상을 설정하였다. 6개의 질감특성값에 대한 알고리즘 적용을 위해 MATLAB(R2007a release, Ver. 7.4, MathWorks Inc., USA) program을 이용하였다. MATLAB은 window XP를 기반으로 디지털의료영상에 맞게 질감의 특성을 추출할 수 있는 프로그램으로 개발되어 본 연구에 적용하였으며, 디지털 의료 영상의 데이터는 벡터의 차원이 높아짐에 따라 특징(feature) 벡터량의 증가와 더불어 잡음 특징들까지 포함되기 때문에 모델링에 필요한 학습 집합(training set)의 크기가 증가되기 때문에 차원을 줄이는 과정이 필요하였다.^[8] 따라서 기존 질감특성들의 조합으로 차원을 축소시키는 특성 추출(feature extraction) 방법을 사용 하였고, 각 영상에 대한 질감의 특성을 추출하기 위하여 50×50 pixel 크기로 실험을 하였다.

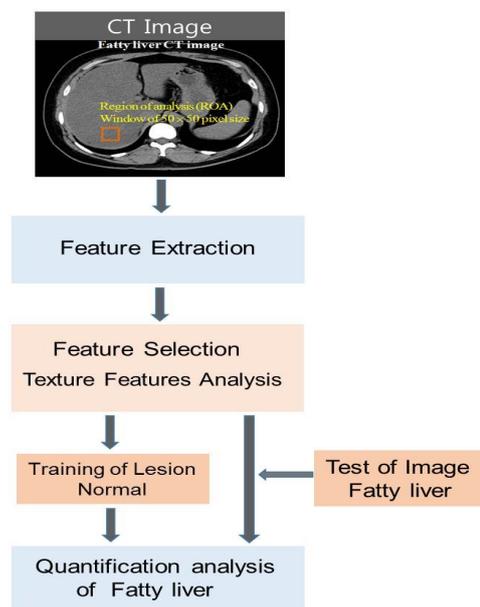


Fig. 1. Diagram of texture feature analysis algorithm

3. 질감특성분석

질감을 인식하고 분별하는 방법은 통계적 방법, 구조적 방법, 푸리에 스펙트럼 분석방법 등이 있으며, 질감분석에 자주 사용되는 방법은 통계적 속성에 기반하

는 밝기 히스토그램이다. 밝기 히스토그램에 의한 방법은 컴퓨터를 이용한 가장 간단한 방법으로 질감을 수량화하여 통계적인 방법을 적용한다.^[9] 일반적으로 질감특성값(texture feature value)으로 사용되는 파라미터는 평균밝기(mean value)^[10], 대조도(variance)^[11], 평탄도(relative smoothness)^[12], 왜곡도(Skewness)^[13], 균일도(uniformity)^[14], 엔트로피(entropy)^[15]이다. Table 1은 밝기 히스토그램에 기초한 질감 묘사자들의 정의를 나타낸 식이다. 여기서 z 는 회색조(gray levels)를 나타내는 확률 변수(random variable)이고, $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$ 이라 할 때 $p(z_i)$ 는 해당 히스토그램(corresponding histogram)에 대한 픽셀 값이다. 이 때 L 은 뚜렷한 회색조의 번

호이다.

4. 통계학적 분석

전산화단층촬영 영상에서 지방간의 cut-off value를 결정하기 위해 ROC(Receiver Operating Characteristic) curve를 분석하였으며, 검사의 합리성을 나타내는 지표인 AUC(Area Under the Curve), 민감도(sensitivity) 및 특이도를 구하였다. 통계분석은 MedCalc for window ver. 15.8((MedCalc software, ostend, Belgium)의 프로그램을 이용하였다. 통계 분석에서 p 값이 0.05이하일 경우 통계적으로 유의하다고 하였다.

Table 1. Texture feature descriptors by the moments of the gray level histogram

Parameter	Equation	Definition
Mean	$M = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$	히스토그램의 평균값 (평균 회색조 값)
Variance	$V = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)$	평균값으로부터 떨어진 거리 (측정값의 표준편차나 분산)
Relative Smoothness	$RS = 1 - [1/(1 + \sigma^2)]$	밝기의 상대적인 부드러운 정도 (일정 밝기 영역 0, 벗어나는 영역 1에 근접)
Skewness	$SK = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i) / \sigma^3$	히스토그램의 비대칭도 측정 (분포가 한쪽으로 치우친 정도)
Uniformity	$UN = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$	주변 회색조 값이 유사한 정도 측정
Entropy	$EN = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$	정보량을 나타내는 척도 (평균 정보량)

Table 2. Analysis of texture feature in the liver CT images

Parameter	Max		Min		Mean		SD	
	Normal	Fatty liver	Normal	Fatty liver	Normal	Fatty liver	Normal	Fatty liver
Mean	132.4036	134.3773	130.4539	130.9244	131.4905	132.7948	0.5057	0.6169
Variance	74.7701	74.3362	74.0041	73.0024	74.3673	73.7651	0.1818	0.2550
Relative Smoothness	0.0789	0.0774	0.0771	0.0762	0.0774	0.0770	0.0001	0.0002
Skewness	-0.1933	-0.3527	-0.3842	-0.5476	-0.3087	-0.4345	0.0475	0.0513
Uniformity	0.0341	0.0514	0.0291	0.0225	0.0282	0.0371	0.0042	0.0068
Entropy	5.8628	5.2288	5.0111	4.581	5.3434	4.8577	0.2409	0.1386

III. RESULT

1. 정상 간 영상과 지방간 영상의 질감특성 분석

정상 간 영상과 지방간 영상의 질감특성 분석 결과

는 Table 2와 같이 나타났다.

1.1 평균 밝기

Fig. 2는 정상 간과 지방간 영상에 대한 평균 밝기(mean)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 평균

밝기 값은 최대 132.4036, 최소 130.4539, 평균 131.4905 \pm 0.5057로 나타났으며, 지방간 영상의 평균 밝기 값은 최대 134.3773, 최소 130.9244, 평균 132.7948 \pm 0.6169로 나타났다. 지방간 영상의 결과 값이 정상 간 영상의 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 37증례로 지방간의 인식률은 92.5%로 나타났다.

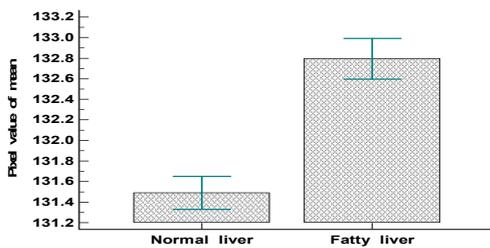


Fig. 2. Result of mean in normal liver and fatty liver images.

1.2 대조도

Fig. 3은 정상 간과 지방간 영상에 대한 대조도(variance)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 평균 대조도 값은 최대 74.7701, 최소 74.0041, 평균 74.3673 \pm 0.1818로 나타났으며, 지방간 영상의 대조도 값은 최대 74.3362, 최소 73.0024, 평균 73.7651 \pm 0.2550으로 나타났다. 대조도는 측정값이 평균으로부터 떨어진 거리를 의미하기 때문에 두 분포가 겹쳐지지 않으면서 지방간 영상의 결과 값이 정상 간 영상의 대조도 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 31증례로 지방간의 인식률은 77.5%로 나타났다.

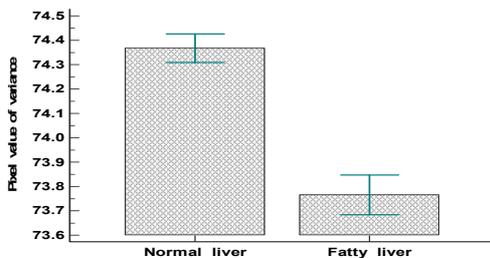


Fig. 3. Result of variance in normal liver and fatty liver images.

1.3 평탄도

Fig. 4는 정상 간과 지방간 영상에 대한 평탄도(relative smoothness)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 평탄도 값은 최대 0.0789, 최소 0.0771, 평균 0.0774 \pm 0.0001로 나타났으며, 지방간 영상의 평탄도 값은 최대 0.0774, 최소 0.0762, 평균 0.0770 \pm 0.0002으로 나타났다. 평탄도는 일정한 밝기 영역을 0, 밝기가 크게 벗어나는 영역은 1에 근접하기 때문에 두 분포가 겹치지 않고 일정한 정상 간 영상은 0, 밝기 영역이 불규칙한 지방간 영상은 1에 근접할수록 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 30증례로 지방간의 인식률은 75%로 나타났다.

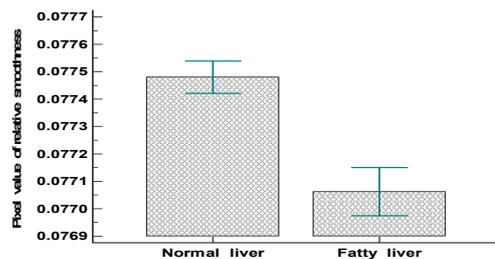


Fig. 4. Result of relative smoothness in normal liver and fatty liver images.

1.4 왜곡도

Fig. 5는 정상 간과 지방간 영상에 대한 왜곡도(skewness)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 왜곡도 값은 최대 -0.1933, 최소 -0.3842, 평균 -0.3087 \pm 0.0042로 나타났으며, 지방간 영상의 왜곡도 값은 최대 -0.3527, 최소 -0.5476, 평균 -0.4345 \pm 0.0513으로 나타났다. 왜곡도는 히스토그램 분포가 치우친 정도를 나타내기 때문에 두 분포가 겹치지 않으면서 히스토그램 분포가 치우친 정도가 클수록 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 36증례로 지방간의 인식률은 90%로 나타났다.

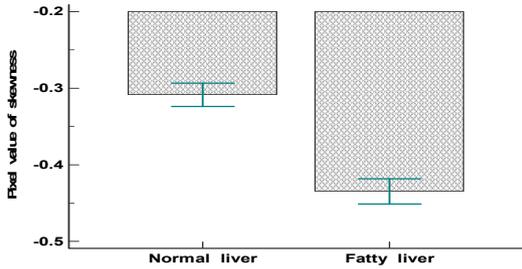


Fig. 5. Result of skewness in normal liver and fatty liver images.

1.5 균일도

Fig. 6은 정상 간과 지방간 영상에 대한 균일도(uniformity)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 균일도 값은 최대 0.0341, 최소 0.0291, 평균 0.0282 ± 0.0068 로 나타났으며, 지방간 영상의 균일도 값은 최대 0.0514, 최소 0.0225, 평균 0.0371 ± 0.0068 으로 나타났다. 균일도는 회색조가 동일한 값을 의미하기 때문에 두 분포가 겹쳐지지 않으면서 지방간 영상의 결과 값이 정상 간 영상의 균일도 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 29증례로 지방간의 인식률은 72.5%로 나타났다.

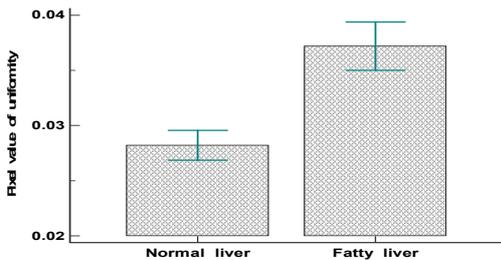


Fig. 6. Result of uniformity in normal liver and fatty liver images.

1.6 엔트로피

Fig. 7은 정상 간과 지방간 영상에 대한 엔트로피(entropy)의 정보를 나타낸 결과이다. 정상 간 영상의 엔트로피 값은 최대 5.8628, 최소 5.0111, 평균 5.3434 ± 0.2409 로 나타났으며, 지방간 영상의 엔트로피 값은 최대 5.2288, 최소 4.5811, 평균 4.8577 ± 0.1386 으로 나타났다. 엔트로피는 정보량을 나타내는 척도로 지방간 영상의

결과 값이 정상 간 영상의 엔트로피 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 40증례에서 정상 간 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 지방간 영상은 38증례로 지방간의 인식률은 95%로 나타났다.

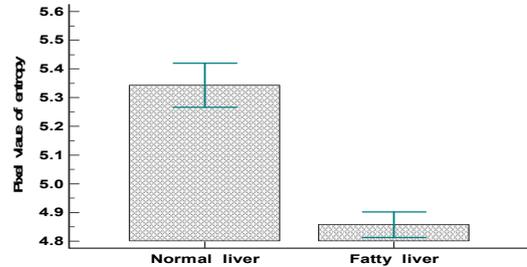


Fig. 7. Result of entropy in normal liver and fatty liver images.

2. ROC curve 분석

Fig. 8은 ROC curve analysis 결과이며, CT 영상에서 지방간의 감별진단을 위한 유효 cut-off 값을 찾기 위해 6개의 질감특성분석 파라미터의 곡선하면적(AUC; Area Under the Curve)을 정확도의 지표로 이용하였으며, 민감도와 특이도의 합이 가장 큰 값을 cut-off 값으로 선택하였다.

Table 3은 6개의 질감특성분석 파라미터의 AUC, 민감도, 특이도를 나타낸 결과이다. 평균밝기의 분석결과 AUC 0.954, 민감도 92.50%, 특이도 97.50%(95% 신뢰구간 0.882~0.988), Youden index 0.9000에서 cut-off 값은 132.3036으로 나타났다. 평균대조도의 분석결과 AUC 0.979, 민감도 92.50%, 특이도 95.00%(95% 신뢰구간 0.919~0.998), Youden index 0.8750에서 cut-off 값은 74.0088로 나타났다. 평탄도의 분석결과 AUC 0.979, 민감도 75.50%, 특이도 100.00%(95% 신뢰구간 0.883~0.988), Youden index 0.7500에서 cut-off 값은 0.0772로 나타났다. 왜곡도의 분석결과 AUC 0.988, 민감도 87.50%, 특이도 100.00%(95% 신뢰구간 0.932~1.000), Youden index 0.8750에서 cut-off 값은 -0.3864로 나타났다. 균일도의 분석결과 AUC 0.900, 민감도 85.00%, 특이도 97.50%(95% 신뢰구간 0.812~0.956), Youden index 0.8250에서 cut-off 값은 0.0335로 나타났다. 엔트로피의 분석결과 AUC 0.987, 민감도 95.00%, 특이도 100.00%(95% 신뢰구간 0.931~1.000), Youden index 0.9500에

서 cut-off 값은 4.9982로 나타났다.

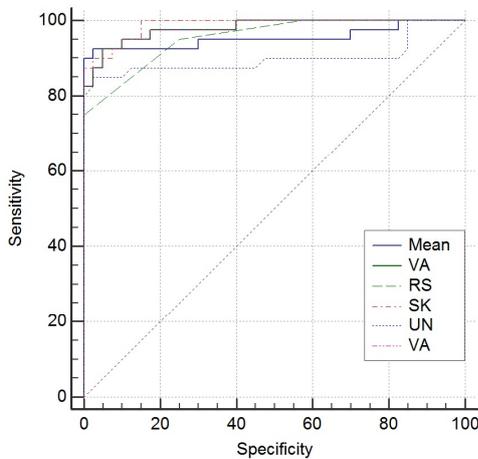


Fig. 8. ROC curve analysis by six of texture feature parameters.

Table 3. ROC prediction curve analysis of texture feature parameters

Parameter	AUC	Sensitivity (%)	Specificity (%)	p
Mean	0.954	92.50	97.50	.0001
Variance	0.979	92.50	95.00	.0001
Relative Smoothness	0.954	75.50	100.00	.0001
Skewness	0.988	42.50	70.00	.0001
Uniformity	0.900	85.00	97.50	.0001
Entropy	0.987	95.00	100.00	.0001

IV. CONCLUSION AND DISCUSSION

본 연구는 복부 전산화단층촬영 영상을 이용하여 지방간환자의 영상을 질감특징분석과 ROC curve 분석을 이용한 컴퓨터보조진단시스템의 구현을 위한 실험적인 선행 연구로서 객관적이고 신뢰성 있는 진단 정보를 의사에게 제공하고, 지방간의 정확한 진단 및 치료 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 정상 및 지방간 복부 전산화단층촬영 영상을 실험영상으로 하여 설정된 구역에 대한 wavelet 변환을 거쳐 질감의 특징값을 나타내는 6가지 파라미터로 통계적 분석 결과를 나타내었다. 지방간에 대한 분석결과로 평균정보량을 나타내는 엔트로피에서 인식률 95%로 가장 큰 인식률을 나타냈고, 히스토그램의 평균값을 나타내는 평균밝기

에서 92.5%, 히스토그램의 비대칭도를 측정하는 왜곡도에서 90%로 비교적 높은 인식률을 보였고, 측정값의 표준편차인 대조도에서 77.5%, 밝기의 상대적 부드러움인 평탄도에서 75%, 주변 회색조의 값의 유사 정도를 나타내는 균일도에서 72.5%로 비교적 낮은 인식률을 보였다. ROC curve를 이용한 분석에서 AUC의 경우 0.6이상일 때 의미가 있는 것으로 평가하며^[6], 본 연구에 이용된 6가지의 파라미터 모두 0.900(p=0.0001) 이상을 나타내어 질환인식에 의미가 있는 결과를 나타내었다. 또한 6가지 파라미터의 cut-off 값은 평균밝기 132.3036, 평균대조도 74.0088, 평탄도 0.0772, 왜곡도 -0.3864, 균일도 0.0335로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 CT영상에서 결정된 cut-off값 보다 높은 값을 나타낼 경우 지방간을 예측 할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 연구와 관련하여 Wu^[7] 등은 컴퓨터보조진단 시스템의 인식률을 극대화하기 위하여 영상의 스펙트럼 히스토그램을 이용한 질감 특징 분석을 제안하였고 스펙트럼의 히스토그램은 영상의 질감분석을 위한 통계적 기능을 제공한다고 하였다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 디지털 의료영상의 컴퓨터보조진단 시스템으로 발전된 프로그램을 구현한다면, 의료영상의 질한 자동 검출 및 최종진단의 예비 진단 자료로서 적용 가능할 것으로 사료되며, 최종 판독에서 객관적인 판단 및 진단 시간의 단축에 유용하게 적용 될 것으로 기대한다. 제한 사항으로 실험영상 추가하여 다양한 종류의 임상 영상으로 실험을 실시하여 지방간 인식률에 대한 신뢰성을 일반화해야 할 것으로 사료되며, 간 질환 중 지방간 및 간경화와 HCC 등이 포함된 복합질환의 판별 및 인식에 관한 연구도 같이 병행되어야 될 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2016년 한국국제대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

[1] Hee. Joon. Kim, Choong. Young. Kim, Young. Hoe. Hur, Yang. Seok. Koh, Jung. Chul. Kim, Chol. Kyoon. Cho, Hyun. Jong. Kim, "Comparison of remnant to total functional liver volume ratio and remnant to

- standard liver volume ratio as a predictor of postoperative liver function after liver resection", *Korean journal of hepato-biliary-pancreatic surgery*, Vol. 17, No. 4, pp. 143-151, 2013.
- [2] Ji. Young. Cho, Tae. Heum. Chung, Kyoung. Mo. Lim, Hee. Jin Park, Jung. Mi. Jang, "The Impact of Weight Changes on Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Adult Men with Normal Weight", *Korean Academy of Family Medicine*, Vol. 35, No. 5, pp. 243-250, 2014.
- [3] A. E. Bohte, J. R. Werven, S. Bipat. J. Stoker, "The diagnostic accuracy of US, CT, MRI and 1H-MRS for the evaluation of hepatic steatosis compared with liver biopsy: a meta-analysis", *European radiology*, Vol. 21, No. 1, pp. 87-97, 2011.
- [4] Z. Szucs. Farkas, M. A. Patak, S. Yuksel. Hatz, T. Ruder. P. Vock, "Improved detection of pulmonary nodules on energy-subtracted chest radiographs with a commercial computer-aided diagnosis software: comparison with human observers", *European radiology*, Vol. 20, No. 6, pp. 1289-1296, 2010.
- [5] Nabih. Azizi, Yamina. Tlili-Guiassa, Nawel. Zemmal, "A Computer-Aided Diagnosis System for Breast Cancer Combining Features Complementarily and New Scheme of SVM Classifiers Fusion", *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, Vol. 8, No. 4, pp. 45-58, 2013.
- [6] Debnath. Bhattacharyya, Poulami. Das, Samir. Kumar. Bandyopadhyay, Tai. hoon. Kim, "IRIS Texture Analysis and Feature Extraction for Biometric Pattern Recognition", *International Journal of Database Theory and Application*, Vol. 1, No. 1, pp. 53-60, 2008.
- [7] S. Selvan, S. Ramakrishnan, "SVD-Based Modeling for Image Texture Classification Using Wavelet Transformation", *IEEE transactions on image processing*, Vol. 16, No. 11, pp. 2688-2696, 2007.
- [8] Jae. Ho. Lee, Hyun. Kyung. Shin, "Context Aware Feature Selection Model for Salient Feature Detection from Mobile Video Devices", *Korean Society for Internet Information*, Vol. 15, No. 6, pp. 117-124, 2014.
- [9] Dae. Hun. Kim, Seong. Jin. Ko, Se. Sik. Kang, Jung. Hoon. Kim, Chang. Soo. Kim, "Computer-Aided Diagnosis for Pulmonary Tuberculosis using Texture Features Analysis in Digital Chest Radiography", *The Korea Contents Society*, Vol. 11, No. 11, pp. 185-193, 2011.
- [10] Soon. Hak. Kwon, "Entropy and AMBE-based Threshold Selection", *Journal of Korean institute of intelligent systems*, Vol. 21, No. 3, pp. 347-352, 2011.
- [11] Fangyan. Nie, Pingfeng. Zhang, "Image Segmentation Based on Framework of Two-dimensional Histogram and Class Variance Criterion", *International Journal of Signal Processing Image Processing and Pattern Recognition*, Vol. 8, No. 7, pp. 79-88, 2015.
- [12] Young. Ha. Chun, Dae. Young. Ko, Jin. Young. Kim, Sung. Jun. Back, "Implementation and Enhancement of GMM Face Recognition System using Flatness Measure", *The Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 2003, No. 7, pp. 2004-2007, 2003.
- [13] Won. Pil. Yu, Yun Koo. chung, "Image and Voice Processing : An Image Warping Method for Implementation of an Embedded Lens Distortion Correction Algorithm", *The KIPS Transactions : Part B*, Vol. 10, No. 4, pp. 373-380, 2003.
- [14] J. Yu, J. Tan, "Object density-based image segmentation and its applications in biomedical image analysis", *computer methods and programs in biomedicine*, Vol. 96, No. 3, pp. 193-204, 2009.
- [15] Gletsos. M, Mougiakakou. S. G, Matsopoulos. G. K, Nikita. K. S, Nikita. A. S, Kelekis. D, "A computer-aided diagnostic system to characterize CT focal liver lesions: design and optimization of a neural network classifier", *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, Vol. 7, pp.153-162, 2003.
- [16] Y. O. Park, E. K. Jung, Y. J. Park, S. R. Nam, J. Y. Jung, H. J. Kim, "The Evaluation of CR and DD R chest image using ROC analysis", *J. Korean Soc. radiol.*, Vol. 1, No. 1, pp. 25-30, 2007.
- [17] Wu. D, Chen. X. J, He. Y, Liu. S, "Study on application of multi-spectral image texture to discriminating rice categories based on wavelet packet and support vector machine", *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*, Vol. 29, pp. 222-225, 2009.

전산화단층촬영 영상에서 지방간의 감별진단을 위한 컴퓨터보조진단의 응용

박형후¹, 이진수^{2,*}

¹한국국제대학교, ²인제대학교 해운대백병원 영상의학과

요 약

본 연구는 복부 전산화단층촬영 영상을 이용하여 지방간환자의 영상을 질감특징분석과 ROC curve 분석을 하였으며, 컴퓨터보조진단시스템의 구현을 위한 실험적인 선형 연구로서 전산화단층촬영 영상에서 지방간의 객관적이고 신뢰성 있는 진단 정보를 의사에게 제공하고자 하였다. 실험은 정상 및 지방간 복부 전산화단층촬영 영상을 실험영상으로 하여 설정된 구역에 대한 wavelet 변환을 거쳐 질감의 특징값을 나타내는 6가지 파라미터로 통계적 분석 결과를 나타내었다. 그 결과 엔트로피, 평균밝기, 왜곡도는 90% 이상의 비교적 높은 인식률을 보였고, 대조도, 평탄도, 균일도는 약 70% 정도로 비교적 낮은 인식률을 나타내었다. ROC curve를 이용한 분석에서 6가지의 파라미터 모두 0.900(p=0.0001)이상을 나타내어 질환인식에 의미가 있는 결과를 나타내었다. 또한 6가지 파라미터에서 질환 예측을 위한 cut-off 값을 결정하였다. 이러한 결과는 향후 복부 전산화단층촬영 영상에서 질환 자동검출 및 최종진단의 예비 진단 자료로서 적용 가능할 것이다.

중심단어: 전산화단층촬영 영상, 지방간, 질감특징분석, ROC curve