

Computer Aided Diagnosis Applications for the Differential Diagnosis of Infarction: Apply on Brain CT Image

Hyong-Hu Park,¹ Mun-Joo Cho,² In-Chul Im,³ Jin-Soo Lee^{4,*}

¹Department of Radiological Science, International University of Korea

²Department of Pathology, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences

³Department of Radiological Science, Donggeui University

⁴Department of Radiology, Inje University Haeundae Paik Hospital

Received: December 09, 2016. Revised: December 20, 2016. Accepted: December 31, 2016

ABSTRACT

In this study, based on the analysis of texture feature values of statistical properties. And we examined the normal and the applicability of the computer-aided diagnosis of cerebral infarction in the brain computed tomography images. The experiment was analyzed to evaluate the ROC curve recognition rate of disease using six parameters representing the feature values of the texture. As a result, it showed average mean 88%, variance 92%, relative smoothness 94%, uniformity of 88%, a high disease recognition rate of entropy 84%. However, it showed a slightly lower disease recognition rate and 58% for skewness. In the analysis using ROC curve, the area under the curve for each parameter indicates 0.886 ($p = 0.0001$) or more, resulted in a meaningful recognition of the disease. Further, to determine the cut-off values for each parameter are determined to be the prediction of disease through the computer-aided diagnosis.

Keywords: brain CT images, texture feature values, cerebral infarction, ROC curve

I. INTRODUCTION

뇌는 머리뼈 안에 있고 신경세포가 모여 있으며 온몸의 신경을 지배하고 있는 기관으로 사람의 몸에서 차지하는 비중이 2%-2.5% 크기에 불과하지만 신체의 모든 기능을 조절하는 통제기관으로써의 역할뿐 아니라 정신적인 조절기능도 관장하는 아주 중요한 기관이다.^[1] 그리고 뇌는 물질대사가 매우 활발하고 산소 부족에 민감하며 신경세포가 복잡한 구조로 구성되어 있어 뇌에 질환이 생기면 신체적인 기능 뿐 만 아니라 정신적인 능력도 문제가 생겨 사회생활이 힘들어 지게 된다.^[2] 뇌 질환은 일반적으로 3가지로 나누는데 뇌졸중, 뇌종양, 치매로 나누어진다.^[3] 특히 뇌졸중(stroke)은 뇌기능의 부분적 또는 전체적으로 급속히 발생한 장애가 상당 기간 이상 지속되는 것으로, 뇌혈관의 병 이외

에는 다른 원인을 찾을 수 없는 상태를 일컫는 것으로 크게 뇌출혈(cerebral hemorrhage)과 뇌경색(cerebral infarction)으로 나눈다.^[4] 본 연구에서 다루고자 하는 뇌경색은 뇌의 혈관이 막히고 그 앞의 뇌조직이 괴사(壞死)하게 되는 질환으로 주 원인은 혈전이다. 혈전으로 인하여 뇌혈관이 막히는 위험 인자는 주로 식습관과 고혈압이 가장 주된 원인이다.^[5] 뇌경색 주된 증상은 측마비(hemiplegia), 언어장애, 시각장애, 어지럼증, 심한 두통으로 증상 나타났을 경우 3시간 이내에 병원에 내원하여 막힌 혈관을 뚫어야 증상이 호전될 수 있고, 뇌경색을 진단하기 위한 영상의학적 검사는 전산화단층촬영, MRI 검사가 있는데, 신속한 검사와 정확한 진단은 환자의 치료방향 결정과 예후를 결정하는데 중요한 역할을 한다.^[6] 그래서 뇌경색으로 병원으로 내원한 응급환자에게 주로 시행되는 뇌 전산화단층촬영 영상을

*Corresponding Author: Lee Jin Soo

E-mail: sonojinsoo@naver.com

Tel: +82-51-797-0397

이용하여, 뇌경색 환자에 대한 의료영상의 진단 오류를 줄이고 올바른 치료방향을 결정할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 컴퓨터보조진단(Computer Aided Diagnosis) 시스템 구현을 위한 실험적 모형 연구를 실시하게 되었다. 그리고 의료영상의 진단오류를 최소화하기 위한 실험적 연구는 객체인식 기술을 기반으로 하는 질감특징분석, 주성분분석, 동적링크구조, 신경회로망을 이용한 방법 등 여러 분야에서 다양하게 연구되고 있다.^{[7][8]} 본 연구에서는 뇌경색 환자의 전산화단층촬영 의료영상을 이용하여 영상의 크기 및 방향, 세포간 거리 등에 대한 규칙성과 불규칙성은 뇌경색의 진행 정도를 판단하기 위한 척도가 되기 때문에 디지털 의료 영상의 특징(feature)을 분석하고 판단하기 위해서 질감특징분석이 필요하였다.^[9] 디지털 의료영상 처리에 사용되는 질감 특징 분석(texture feature analysis) 방법에는 통계적 방법과 구조적방법 등이 있으며 영상처리에서 시공간적인 multi scale에서 분석하기 위해서 wavelet 변환을 적용해야 하는데 wavelet 변환은 최근 신호처리나 패턴 인식분야에서 자주 사용되는 방법으로 공간영역과 주파수영역에서 관심영역(region of interest)의 특징을 잘 나타내는 특성을 가지고 있어 질감특징분석에 아주 효과적이다.^[10] 따라서 본 연구는 컴퓨터단층촬영 영상의 진단적 오류에 대한 문제를 최소화하고 수치상 정보를 전문의에게 제공하여 뇌경색의 대한 정확한 진단과 올바른 치료방향을 제시하기 위하여 질감특징분석을 이용한 통계적 wavelet 변환 기술 기반의 컴퓨터보조진단 시스템을 제안하고 이를 컴퓨터단층촬영 영상에서 뇌경색 환자에 적용하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 대상 영역의 선정

실험 대상의 선정은 영상의학과 전문의의 전산화단층촬영 영상의 판독결과를 토대로 하였으며, 정상적인 환자의 뇌 전산화단층촬영 영상 50중례, 뇌경색 환자 영상 50중례를 이용하여 관심영역(ROI) 부위의 실험영상을 획득하였다. 실험영상의 획득에 사용된 장비는 S OMATOM Definition CT(SIEMENS, Germany)이다. 실험 영상의 획득 시 파라미터는 FOV 205X205, KVp 100, mAs 175(305mA, rotation time 0.5), window width 80, window level 25 이다. 실험영상의 객관성을 확보하

기 위해 복합질환 포함되어 있는 영상은 실험에서 제외 하였고, 뇌경색 환자 전산화단층촬영 영상만 선정하여 50×50 pixel 크기로 관심영역을 선정하여 연구를 실시하였다. 정상 뇌 영상의 분석영역은 오른쪽 측내실 부위를 50×50 pixel 크기로 관심영역으로 설정하여 실험을 시행하였다. Fig. 1은 선정된 관심영역의 질감특징분석 과정의 다이어그램이다.

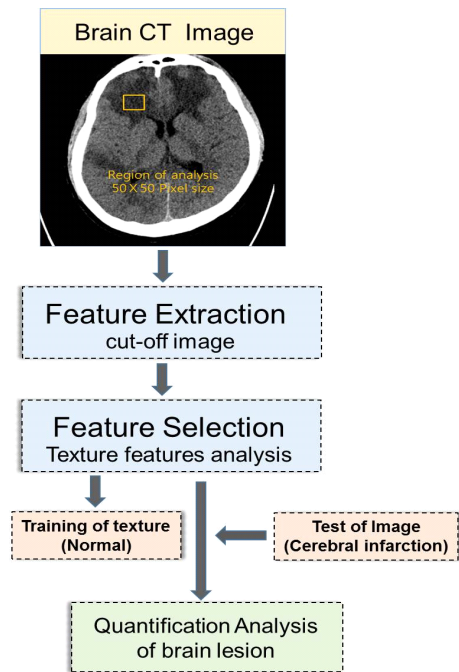


Fig. 1. Diagram of texture feature analysis algorithm

2. 연구방법

획득된 전산화단층촬영 영상에서 고유영상을 획득하기 위해 학습영상을 정상 뇌 전산화단층촬영영상으로 설정하였으며, 테스트영상으로 뇌경색 전산화단층촬영을 설정하였다. 6가지 질감특성 묘사자들에 대한 알고리즘 적용을 위해 질감특성들의 조합으로 차원을 축소시키는 특성 추출(feature extraction) 방법을 사용하였으며, 결과값 산출은 MATLAB(R2007a release, Ver. 7.4, MathWorks Inc., USA) program을 이용하였다

3. 픽셀 질감특징값 분석

질감의 특징분석은 밝기 히스토그램에 대한 통계적 특징을 바탕으로 하며, 밝기 히스토그램에 의한 방법은 컴퓨터를 이용한 가장 간단한 방법으로 질감을 수량화하여 통계적인 방법을 적용 할 수 있다.^[9] 따라서 본

연구에 이용된 질감특징값(texture feature value) 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 질감묘사자들의 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 값이며, 이 때 L 은 뚜렷한 회색조의 번호이다. 히스토그램 성분 $p(z_i)$ 는 밝기 값 z_i 가 발생하는 확률이므로, 히스토그램은 밝기 확률 밀도함수(probability density function)에 대한 근사화로

볼 수 있다.

4. 통계분석

통계분석은 MedCalc for window ver. 15.8((MedCalc software, ostend, Belgium)의 프로그램을 이용하였으며, 모든 분석에서 p 값이 0.05이하일 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였다. 전산화단층촬영 영상에서 뇌경색을 예측하기 위한 기준을 알아보하고자 ROC Receiver Operating Characteristic curve를 분석하였으며, 검사의 합리성을 나타내는 지표인 AUC(Area Under the Curve), 민감도(sensitivity) 및 특이도(specificity)를 구하였다.

Table 1. Parameters of texture feature by the gray level histogram

Parameter	Equation	Definition
Mean	$M = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$	a measure of mean value(average gray level)
Variance	$V = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)$	a measure of standard deviation(random variable)
Relative Smoothness	$RS = 1 - [1/(1 + \sigma^2)]$	a measure the relative smoothness of the intensity in a region (R is 0 for a region of contrast intensity and approaches 1 for regions with large excursions)
Skewness	$SK = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i) / \sigma^3$	measure skewness of a histogram. This measure is 0 for symmetric histogram, used to normalize the variance
Uniformity	$UN = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$	a measure of uniformity(around a similar grayscale level)
Entropy	$EN = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$	a measure of randomness (measure the average amount of information)

Table 2. Comparison results of texture feature values in the brain CT images

(CI: cerebral infarction)

Parameters	Max		Min		Mean		SD	
	Normal	CI	Normal	CI	Normal	CI	Normal	CI
Mean	133.2381	132.2381	132.1012	131.0275	132.5925	131.5017	0.2767	0.3135
Variance	74.4182	74.0023	73.9216	73.0727	74.1211	73.3772	0.1374	0.2537
Relative Smoothness	0.0784	0.0774	0.0773	0.0760	0.0778	0.0765	0.0002	0.0004
Skewness	-0.3500	-0.2769	-0.4384	-0.3993	-0.3961	-0.3339	0.0306	0.0346
Uniformity	0.0399	0.0328	0.0309	0.0208	0.0355	0.0258	0.0024	0.0033
Entropy	5.3565	6.2233	4.7624	5.1750	5.1083	5.7522	0.1494	0.2715

III. RESULT

1. 정상 뇌와 뇌경색 영상의 질감특징값 분석

정상 뇌 영상과 뇌경색 영상의 질감특징값 분석 결과는 Table 2와 같이 나타났다.

1.1 Average mean

Fig. 2는 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 평균 밝기의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 평균 밝기 값은 최대 133.2381, 최소 132.1012, 평균 132.5925 ± 0.2767 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 평균 밝기 값은 최대 132.2675, 최소 131.0275, 평균 131.5017 ± 0.3135 로 나타났다. 뇌경색 영상의 결과 값이 정상 뇌 영상의 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 44증례로 뇌경색의 인식률은 88%로 나타났다.

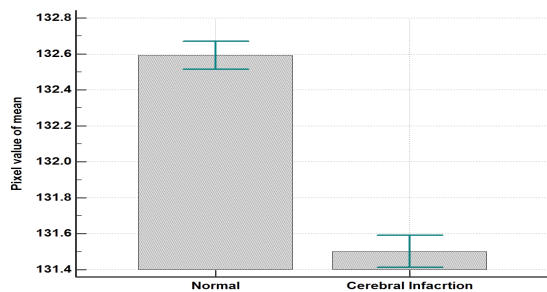


Fig. 2. Comparison of average mean in normal brain and cerebral infarction images.

1.2 Variance

Fig. 3은 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 대조도(variance)의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 평균대조도 값은 최대 74.4182, 최소 73.9216, 평균 74.1211 ± 0.1374 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 대조도 값은 최대 74.0023, 최소 73.0727, 평균 73.3772 ± 0.2537 로 나타났다. 대조도는 측정값이 평균으로부터 떨어진 거리를 의미하기 때문에 두 분포가 겹쳐지지 않으면서 뇌경색 영상의 결과 값이 정상 뇌 영상의 대조도 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 46증례로 지방간의 인식률은 92%로 나타났다.

났다.

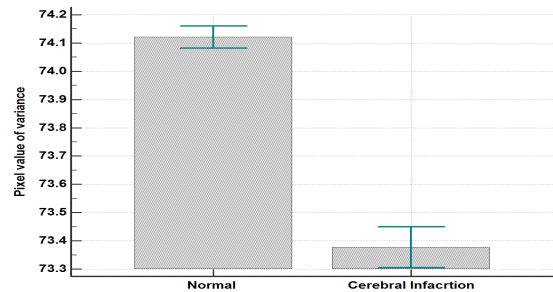


Fig. 3. Comparison of variance in normal brain and cerebral infarction images.

1.3 Relative smoothness

Fig. 4는 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 평탄도(relative smoothness)의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 평탄도 값은 최대 0.0784, 최소 0.0773, 평균 0.0778 ± 0.0002 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 평탄도 값은 최대 0.0774, 최소 0.0760, 평균 0.0765 ± 0.0004 로 나타났다. 평탄도는 일정한 밝기 영역을 0, 밝기가 크게 벗어나는 영역은 1에 근접하기 때문에 두 분포가 겹치지 않고 일정한 정상 뇌 영상은 0, 밝기 영역이 불규칙한 뇌경색 영상은 1에 근접할수록 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 50증례로 지방간의 인식률은 94%로 나타났다.

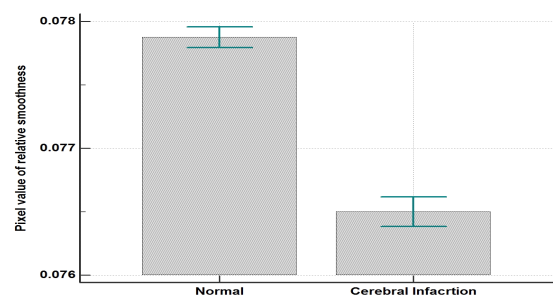


Fig. 4. Comparison of relative smoothness in normal brain and cerebral infarction images.

1.4 Skewness

Fig. 5는 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 왜곡도(skewness)의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 왜곡도 값은 최대 -0.3500, 최소 -0.4384, 평균 -0.3961 ± 0.306 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 왜곡도 값은 최대 -0.

2769, 최소 -0.3993, 평균 -0.3339 ± 0.0346 으로 나타났다. 왜곡도는 히스토그램 분포가 치우친 정도를 나타내기 때문에 두 분포가 겹치지 않으면서 히스토그램 분포가 치우친 정도가 클수록 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 29증례로 지방간의 인식률은 58%로 나타났다.

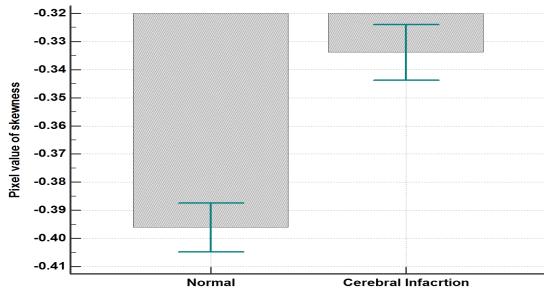


Fig. 5. Comparison of skewness in normal brain and cerebral infarction images.

1.5 Uniformity

Fig. 6은 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 균일도(uniformity)의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 균일도 값은 최대 0.0399, 최소 0.0309, 평균 0.0355 ± 0.0024 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 균일도 값은 최대 0.0328, 최소 0.0208, 평균 0.0258 ± 0.0033 으로 나타났다. 균일도는 회색조가 동일한 값을 의미하기 때문에 두 분포가 겹치지 않으면서 뇌경색 영상의 결과 값이 정상 뇌 영상의 균일도 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 44증례로 뇌경색의 인식률은 88%로 나타났다.

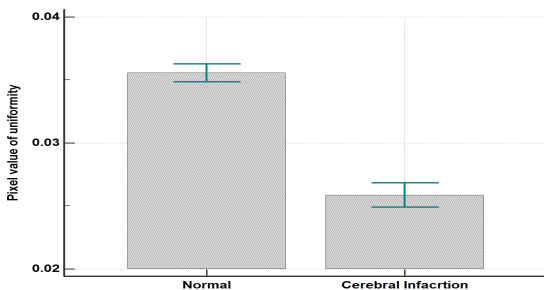


Fig. 6. Comparison of uniformity in normal brain and cerebral infarction images.

1.6 Entropy

Fig. 7은 정상 뇌와 뇌경색 영상에 대한 엔트로피(entropy)의 정보를 나타낸 결과값이다. 정상 뇌 영상의 엔트로피 값은 최대 5.3565, 최소 4.7624, 평균 5.1083 ± 0.1494 로 나타났으며, 뇌경색 영상의 엔트로피 값은 최대 6.2233, 최소 5.1750, 평균 5.7522 ± 0.2715 으로 나타났다. 엔트로피는 정보량을 나타내는 척도로 뇌경색 영상의 결과 값이 정상 뇌 영상의 엔트로피 범위를 벗어나면 질환의 구별이 가능하며, 전체 50증례에서 정상 뇌 영상의 최대값과 최소값의 범위를 벗어나는 뇌경색 영상은 42증례로 지방간의 인식률은 84%로 나타났다.

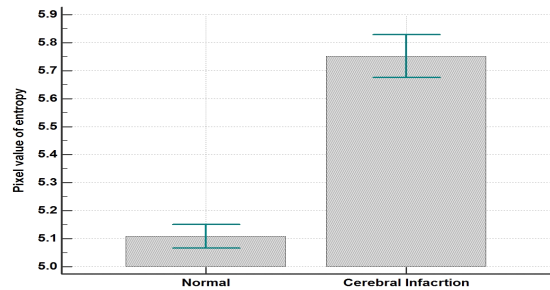


Fig. 7. Comparison of entropy in normal brain and cerebral infarction images.

2. 뇌경색 예측을 위한 질감특징의 기준값

Fig. 8은 ROC 분석 결과이며, 전산화단층촬영 영상에서 뇌경색 질환의 감별진단을 위한 cut-off 값을 결정하기 위해 6개의 질감특징분석 파라미터의 곡선하면적(AUC; Area Under the Curve)을 정확도의 지표로 이용하였으며, 민감도와 특이도의 합이 가장 큰 값을 cut-off 값으로 선택하였다.

Table 3은 6개의 질감특징분석 파라미터의 AUC, 민감도, 특이도를 나타낸 결과이다. 평균밝기의 분석결과 AUC 0.994, 민감도 98.00%, 특이도 94.00%(95% 신뢰구간 0.952~1.000), Youden index 0.9200에서 cut-off 값은 132.2132로 나타났다. 대조도의 분석결과 AUC 0.983, 민감도 92.00%, 특이도 100%(95% 신뢰구간 0.935~0.998), Youden index 0.9200에서 cut-off 값은 73.7151로 나타났다. 평탄도의 분석결과 AUC 0.996, 민감도 94%, 특이도 100%(95% 신뢰구간 0.955~1.000), Youden index 0.9400에서 cut-off 값은 0.0772로 나타났다. 왜곡도의 분석결과 AUC 0.886, 민감도 66.00%, 특이도 9

6.00%(95% 신뢰구간 0.807~0.941), Youden index 0.62 00에서 cut-off 값은 -0.3505로 나타났다. 균일도의 분석 결과 AUC 0.985, 민감도 88.00%, 특이도 100%(95% 신뢰구간 0.937~0.999), Youden index 0.8800에서 cut-off 값은 0.0298로 나타났다. 엔트로피의 분석결과 AUC 0.982, 민감도 92.00%, 특이도 100%(95% 신뢰구간 0.933~0.998), Youden index 0.9200에서 cut-off 값은 5.3565로 나타났다.

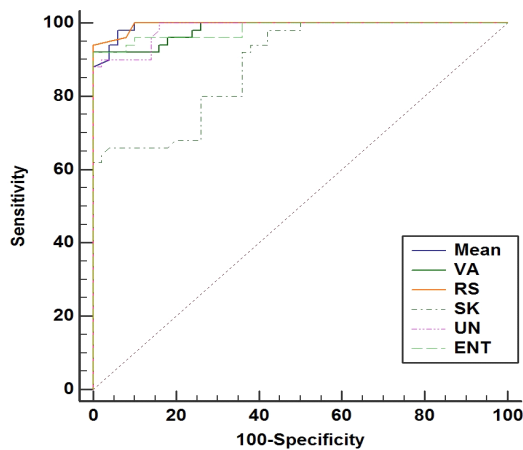


Fig. 8. ROC curve analysis by six of texture feature parameters.

Table 3. Result of ROC curve analysis

Parameter	AUC	Sensitivity (%)	Specificity (%)	p
Mean	0.994	98.00	94.00	.0001
Variance	0.983	92.00	100	.0001
Relative Smoothness	0.996	94.50	100	.0001
Skewness	0.886	66.00	96.00	.0001
Uniformity	0.985	88.00	100	.0001
Entropy	0.982	92.00	100	.0001

IV. DISCUSSION

본 연구는 뇌 전산화단층촬영 영상에서 질감특징분석과 ROC curve 분석을 통한 컴퓨터보조진단시스템의 적용을 위한 실험적인 연구이다. 또한 보다 객관적인 의료 정보의 제공과 뇌질환의 정확한 진단과 치료 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 정상 및 뇌경색

전산화단층촬영 영상을 실험영상으로 하여 질감의 특징값을 나타내는 6가지 파라미터로 통계적 분석 결과를 나타내었다. 뇌경색에 대한 분석결과로 밝기의 상대적 부드러움인 평탄도에서 94% 가장 높은 인식률을 나타내었고, 측정값의 표준편차인 대조도에서 92%, 히스토그램의 평균값을 나타내는 평균밝기에서 88%, 주변 회색조의 값의 유사정도를 나타내는 균일도에서 88%, 평균정보량을 나타내는 엔트로피에서 84%를 나타내었고, 히스토그램의 비대칭도를 측정하는 왜곡도에서 값의 큰 차이를 보이지 않아 58%로 상대적으로 낮은 인식률을 나타내었다. ROC curve를 이용한 분석에서 AUC의 경우 0.6이상일 때 의미가 있는 것으로 평가하며^[6], 본 연구에 이용된 6가지의 파라미터 모두 0.886(p=0.0001)이상을 나타내어 질환인식에 의미가 있는 결과를 나타내었다. 또한 각 파라미터의 질환예측을 위한 cut-off 값은 평균밝기 132.2132, 대조도 73.7151, 평탄도 0.0772, 왜곡도 -0.3505, 균일도 0.0298, 엔트로피 0.9200로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 뇌 전산화단층촬영 영상에서 결정된 cut-off값 보다 높은 값을 나타낼 경우 뇌경색을 예측 할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구 결과와 관련하여 Lin et. al.^[17]은 컴퓨터 보조진단 시스템의 인식률을 극대화하기 위해 영상의 스펙트럼 히스토그램을 이용한 질감특징 분석을 제안하였고 스펙트럼의 히스토그램은 영상의 질감분석을 위한 통계적 기능을 제공한다고 하였다. 또한 Chen et. al.^[18]은 웨이블릿변환을 적용한 질감특징분석을 시행하여 다양한 파라미터들의 질환인식률에 대한 평가를 하였으며 회색조 분포를 이용한 균일도와 질감특징값들의 평균값 거리를 이용한 대조도에서 인식률이 높다고 하여 본 연구 결과와 일치하였다.

V. CONCLUSION

본 연구의 결과는 뇌경색 컴퓨터단층촬영 영상에서 의료영상용 컴퓨터보조진단 시스템의 발전된 프로그램 구현 가능성을 나타내었으며 디지털 의료영상의 자동 진단 및 의사가 질환을 최종진단 하기 위한 예비 자료로서 적용 가능할 것이다. 또한 최종 진단에서 객관적인 판단과 및 판독시간 단축에 유용하게 적용 될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 뇌경색 질환 중 뇌출혈 및 뇌종양 등이 포함된 복합질환의 판별 및 인식에 관한 연구도 같이 병행되어야 될 것이다.

Reference

- [1] Jung. Hee. Kim, "Usefulness of Functional MRI for the Study of Brain Function", Korean Brain Society, Vol. 1, No. 1, pp. 65-761, 2001.
- [2] Jung. Eun. Byun, Eun. Bum. Kang, "The effects of senior brain health exercise program on basic physical fitness, cognitive function and BDNF of elderly women - a feasibility study", Journal of exercise nutrition & biochemistry, Vol. 20, No. 2, pp. 8-18, 2016.
- [3] Sung. Hoon. Lee, "Stroke Update 2009: Diagnosis and Stroke Imaging", Korean journal of stroke, Vol. 11, No. 2, pp. 53-55, 2009.
- [4] Philip. B. Gorelick, "Primary and Comprehensive Stroke Centers : History Value and Certification Criteria", Korean journal of stroke, Vol. 15, No. 2, pp. 78-89, 2013.
- [5] Matsumoto, Hiroaki, Yoshida, Yasuhisa, "Rapid Progression of Cerebral Infarction after Intraventricular Hemorrhage in Adult Moyamoya Disease", Journal of Korean Neurosurgical Society, Vol. 54, No. 5, pp. 411-414, 2013.
- [6] Young. Dae. Kwon, Sung. Sang. Yoon, Hye. Jung. Chang, "Impact of an Early Hospital Arrival on Treatment Outcomes in Acute Ischemic Stroke Patients", Journal of preventive medicine and public health, Vol. 40, No. 2, pp. 130-136, 2007.
- [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] Montseny. E, Oliver. G, Sobrevilla. P, "Multi-Process or System for Polygonal Object Recognition by Means of Fuzzy Algorithms", International Conference on Pattern Recognition, Vol. 11, No. 4, pp. 170-172, 1992.
- [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] Ji. Hyun. Yoo, Seong. Yong. Ohm, Min. Gyo. Chung, "Maximum-Entropy Image Enhancement Using Brightness Mean and Variance", Korean Society for Internet Information, Vol. 13, No. 3, pp. 61-73, 2012.
- [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] Suk. Hyung. Hwang, Hae. Sul. Yang, Jung. Ho. Park, "Flattening class hierarchy for reorganization of object-oriented software", Korea Information Processing Society, Vol. 8, No. 6, pp. 853-860, 2001.
- [13] Chang. Mo. Yang, Kwang. Sue. Chung, "Embedded Image Compression Scheme Using Rate-Distortion Optimized Block Coding of Wavelet Coefficients", The Journal of the KICS, Vol. 39, No. 11, pp. 625-636, 2014.
- [14] JHIT, "Assessment of Spatial Distribution Uniformity in 2-Dimensional Discrete Space", International Journal of Hybrid Information Technology, Vol. 8, No. 3, pp. 339-346, 2015.
- [15] Kue. Bum. Lee, Dong. Keun. Chung, Kwang. Seok. Hong, "An Implementation of Gaze Direction Recognition System using Difference Image Entropy", The KIPS Transactions : Part B, Vol. 16, No. 2, pp.93-100, 2009.
- [16] Yeon. Ok. Park, Eun. Kyung. Jung, Yeon. Jung. Park, So. Ra. Nam, Ji. Young. Jung, Hee. Joung. Kim, "The Evaluation of CR and DDR chest image using ROC analysis", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 1, No. 1, pp. 25-30, 2007.
- [17] Lin. X, Wang. D, "Texture classification using spectral histograms", IEEE Trans Image Process, Vol. 12, No. 6, pp. 661-670, 2003.
- [18] Wu. D, Chen. X. J, He. Y, Lin. 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.

뇌경색 감별진단을 위한 컴퓨터보조진단 응용: Brain CT Images 적용

박형후,¹ 조문주,² 임인철,³ 이진수^{4,*}

¹한국국제대학교

²동남권원자력의학원 해부병리과

³동의대학교 방사선학과

⁴인제대학교 해운대백병원 영상의학과

요 약

본 연구는 통계적 속성에 기반한 질감특징값 분석을 바탕으로 뇌 전산화단층촬영 영상에서 정상과 뇌경색의 컴퓨터보조진단의 적용 가능성을 알아보려고 하였다. 실험은 질감특징값을 나타내는 6개의 파라미터를 이용한 질환인식률 평가와 ROC curve를 분석하였다. 그 결과 평균밝기 88%, 대조도 92%, 평탄도 94%, 균일도 88%, 엔트로피 84%의 높은 질환인식률을 나타내었다. 하지만 왜곡도의 경우 58%로 다소 낮은 질환 인식률을 나타내었다. ROC curve를 이용한 분석에서 각 파라미터의 곡선아래면적이 0.886($p=0.0001$) 이상을 나타내어 질환인식에 의미가 있는 결과로 나타났다. 또한 각 파라미터의 cut-off값 결정으로 컴퓨터보조진단을 통한 질환예측이 가능할 것으로 판단된다.

중심단어: 뇌 전산화단층촬영 영상, 뇌경색, 질감특징값, ROC