

CT 영상에서 뇌출혈의 자동인식

- Intracerebral Hemorrhage Auto Recognition in Computed Tomography Images -

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

최석운·강세식·김창수·김정훈·김동현·예수영·고성진

— 국문초록 —

CT 검사 시 뇌출혈의 부위는 심각한 정도에 따라 인지하기 어려운 경우도 있으며, 응급상황에서 숙련이 되지 않은 의료진에게는 부담을 준다. 응급상황에서 검사와 동시에 뇌출혈부위를 자동으로 빨리 파악하고 정량적인 정보를 제공하는 보조적인 역할은 필요하며, 컴퓨터를 이용한 자동 검출 및 인식 시스템은 출혈부위 진단에 매우 큰 도움을 줄 수 있다.

본 연구에서는 출혈부위를 문턱치값 처리, 모폴로지 연산, 원형률 계산을 접목하여 뇌 출혈부위의 자동검출에 성공하였고 검출 후보군에서 잘 못 선정된 영역을 판정하기위한 주성분분석을 이용한 분류기 개발에 성공하였다.

개발된 시스템을 응급상황의 뇌출혈 환자에게 적용한다면 의료진에게 수술계획을 위한 유용한 정보가 될 것으로 사료된다.

중심 단어: 뇌출혈 자동인식 분류기 전산화단층촬영술

I. 서 론

뇌출혈의 경우 고혈압에 의한 경우와 동맥류 파열에 의한 뇌출혈의 경우를 생각할 수 있다. CT 소견상 뇌실질 내 전두엽, 뇌량, 측두엽에 발생하거나 조영증강 CT에서 동맥류가 발생하는 경우, 지주막하 또는 뇌실질 출혈이 동반되는 경우이다. 반면에 혈종의 위치가 시상, 뇌교,

소뇌, 대뇌피질하에 있으며, 진단적 범주에 해당되지 않으면 고혈압성 뇌출혈로 판단한다¹⁾.

컴퓨터를 이용한 자동 검출 및 인식 시스템은 의료영상 진단에 매우 큰 도움을 줄 수 있다. CT 검사를 통해서 뇌출혈 유무를 확인하는 경우 응급상황에서 검사가 빨리 진행되어야 한다. 경우에 따라서는 검사시간의 지체로 응급수술이 늦어져 환자의 예후에 장애가 되기도 한다. CT 영상은 뇌출혈의 심각한 정도에 따라 인지하기 어려운 경우도 있다. Non contrast로 뇌출혈 부위를 빨리 볼 수 있지만, 판독시간의 지연은 응급상황에서 숙련이 되지 않은 의료진에게는 부담을 준다. 수술에 앞서 검사와 동시에 뇌출혈부위를 자동으로 빨리 파악하고 정량적인 정보를 제공하는 보조적인 역할이 필요하다.

CT영상에서 폐의 자동진단 및 간의 자동진단에 대한 연구는 자주 보고되고 있다. 그러나 뇌출혈 영역의 자동인

* 접수일(2013년 4월 30일), 1차 심사일(2013년 5월 6일), 확정일(2013년 6월 4일)

* 본 논문은 2011년도 부산가톨릭대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

교신저자: 고성진, (609-757) 부산시 금정구 부곡 3동 9번지
부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과
Tel : 051-510-0581, Fax : 051-510-0588
E-mail : sjko@cup.ac.kr

식에 대한 연구는 부족하다. 관련연구로서 Liao²⁾는 연구에서는 뇌출혈 부위의 정보를 정량적으로 표현하는데 연구의 중심을 두었으며, Chan³⁾의 연구에서는 뇌출혈 후보군을 추출한 뒤 정상구조물의 좌표를 표준으로 입력한 뒤 좌표를 제외한 부분만을 출력하는 방법을 채택하였다. 그러나 영상의 해부학적 구조가 바뀌면 정상구조물 좌표와 뇌출혈부위의 좌표 사이에 혼란을 줄 수 있다.

뇌출혈 영역을 자동인식 하기위해서는 자동 검출에 기술과 검출된 정보들에 대해서 최종적으로 판정하는 인식 단계가 필요하다. 인식을 위해서는 사용되는 정보에 따라 적절한 특징(feature) 정보가 추출되어야 한다. 추출된 정보는 분류기(classifier)의 데이터베이스에 저장된 정상 및 뇌출혈 영상샘플들의 특징값(feature)과 유사도 계산을 통해서 비교하고 출력 값을 결정한다. 본 연구에서는 뇌출혈 영역의 자동 검출을 위해서 필터 처리를 통해 노이즈를 제거하고 CT영상에서 두개골 영역을 제거하는 방법을 찾고자 한다. 다음 실험적으로 얻어진 문턱치(threshold) 연산을 통해서 뇌출혈부위의 후보군을 추출하는 방법을 개발한다. 자동인식 시스템을 개발하기 위하여 개별적 후보형태에 대해서 특징벡터를 추출하고 분류기의 데이터베이스에 저장된 뇌출혈군의 특징값과 정상군 사이의 특징값을 비교하여 최종 출력하는 시스템을 연구한다.

II. 대상 및 방법

1 실험영상의 획득

뇌출혈 환자에서 뇌동맥류 파열의 경우 고혈압성 파열에 비해서 예후가 매우 불안하여 빠른 조치가 필요하다. 따라서 뇌 혈관조영술을 시행하고 CT실로 이동하여 검사

를 하거나 응급으로 CT 검사를 먼저 하는 경우가 있다. 본 연구에서는 뇌 혈관조영술을 시행하기 전 응급으로 CT 검사를 한 경우에 대해서 영상을 획득하였으며, 획득된 영상 데이터를 바탕으로 후향적 분석을 하였다. 후향적으로 얻어진 CT 결과에서 소견상 지주막하출혈, 뇌실내 출혈, 엽성 대뇌혈중등의 증상을 보이는 영상을 대상으로 정상 조직을 포함하여 53 케이스를 학습을 하였다.

2 뇌출혈 영역의 자동검출

뇌출혈부위의 자동 추출을 위하여 출혈부위 자동 검출 단계와 검출된 출혈부위를 판정하는 인식단계를 거친다. 더 세부적으로는 출혈부위 검출, 후보샘플의 정규화, 후보샘플최종결정, 분류기를 사용한 유사도 판별, 최종 인식된 후보의 출력으로 표현 할 수 있다(fig. 1 참조). 이때 인식 단계는 자동 검출 단계에서 잘못 검출된 후보군을 판정하고 최종 출력을 결정하는 역할을 한다.

출혈부위로 예상되는 영역을 자동으로 검출하기 위해서는 다음의 5 단계를 거친다(fig. 2 참조). 메디언 필터(median filter)를 적용하여⁷⁾ 노이즈를 제거 하였고, 출혈로 예상되는 부위를 찾기 위하여 30개의 뇌출혈 영상을 대상으로 두개골과 뇌출혈 영역의 픽셀 값 분포를 실험적 계산을 통해서 살펴보았다. 두개골 영역의 문턱치 값은 232 ± 5.04 이고 뇌출혈 영역의 문턱치 값은 170.82 ± 10.65 로 나타났다(Table 1). 두개골과 뇌출혈 영역 모두 평균값을 입력영상에 대해서 입력 값으로 사용하여 자동 검출에 사용하였다.

$$R = 4 \times \pi \times \text{area/perimeter}^2 \quad (\text{식 1})$$

Algorithm : roundness measurement

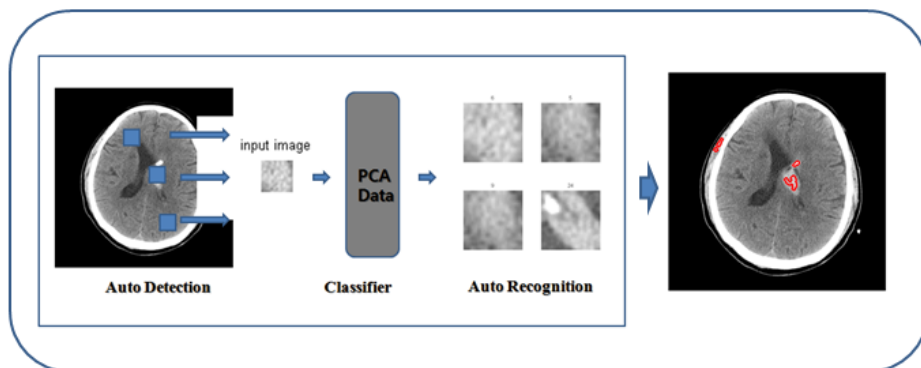


Figure. 1 The procedure of the automatic detection result in succession of classification

```

for k=1 : n, (n=candidate number)
    boundary = candidte {ordinate}
    *object perimeter*
    delta= diff(boundary)2
    perimeter=sum(sqrt(sum(delta,2))), (sqrt = square root)
    *compute roundness*
    round = 4*pi*area/perimeter2
    roundness(k)=round
end
    
```

다음은 문턱치 결과 형성된 뇌출혈 영역 후보군에 대해서 (식 1)을 사용하여 원형률을 측정하였다. 이원형률이 1에 가까울수록 원에 가깝다고 말할 수 있다. 각 후보에 대한 원형률 계산 결과 0.8이상은 최종 검출 후보로 등록하였고 0.8 이하는 후보군에서 제거하였다.

3 분류기를 사용한 자동인식

자동분류란 미리 정의된 시스템에 대해서 입력영상이 특징별로 자동으로 분류되는 것을 의미한다. 자동 분류를 위해서는 이미 판정된 결과의 영상을 바탕으로 학습(learning)을 수행하고 제안하는 분류기를 통해서 입력영상이 어떤 종류의 영상인지 결정하게 된다. 학습을 위해서 영상으로부터 특징을 추출해야하고 데이터베이스내의 영상별 특징값과 비교하여 유사한 특성을 갖는 순으로 출력하는 분류체계를 갖는다⁸⁾. 인식을 위해서는 사용되는 정보에 따라 정보가 추출되어야 한다. 추출된 정보와 데이터베이스에 저장된 정보를 비교하여 유사도를 계산하고 유사도를 넘는 값은 출력한다.

인식에는 영상의 특정 형태의 정보를 이용하는 기하학

Table 1. Evaluation of intracerebral hemorrhage and skull threshold

Intracerebral hemorrhage threshold				Skull threshold			
No.	threshold	No.	threshold	No.	threshold	No.	threshold
1	157	16	160	1	237	16	233
2	170	17	165	2	230	17	235
3	168	18	155	3	233	18	226
4	186	19	159	4	225	19	226
5	183	20	174	5	238	20	228
6	167	21	176	6	240	21	229
7	153	22	180	7	232	22	225
8	173	23	167	8	228	23	230
9	174	24	187	9	243	24	228
10	184	25	188	10	234	25	238
11	108	26	189	11	230	26	235
12	173	27	163	12	225	27	237
13	169	28	170	13	226	28	235
14	160	29	154	14	229	29	240
15	164	30	165	15	232	30	233
Mean +SD (170.82 +10.65)				Mean +SD (232 +5.04)			

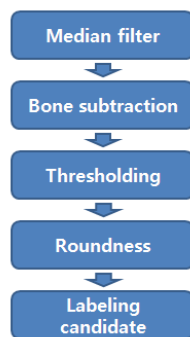


Figure. 2 The automatic detection process

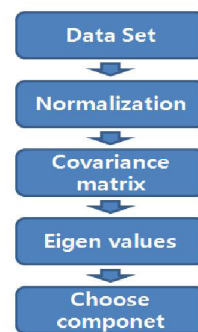


Figure. 3 The PCA applied specific value extraction and calculation process

적 특징기반 인식과 샘플의 평균 영상을 이용하는 템플릿 기반 등의 인식법이 알려져 있으나 본 연구에서는 주성분 분석(principal component analysis)를 분류기로 사용하였다.

자동검출을 통해서 얻어진 각 후보마다 중심점을 계산하였고 중심점을 기준으로 30*30의 픽셀의 크기로 입력 영상으로 만들었다(fig. 4 (c)참조). 분류기에 사용될 주성분 분석의 데이터베이스에는 정상영역과 뇌출혈영역을 포함하여 모두 55개의 30*30 픽셀크기의 영상을 만들어서

특징값을 계산하고 데이터베이스에 저장해 두었다.

주성분 분석은 고차원의 데이터를 낮은 차원으로 옮기는 역할을 하고 데이터의 특징을 나타내는 선형 변환하는 기능을 한다. 데이터의 공분산행렬을 계산해서 기저로 사용하고 고유값은 차원을 줄이는 역할을 하고 측정값으로 사용하게 된다. PCA를 이용한 분류기는 학습을 하는 부분과 입력영상의 대한 결과를 해석한다^{7,8)}(Fig. 3 참조)(Fig. 5 참조)(Fig. 7 참조).

분류기에서 자동분류 기준은 유클리디언 거리값을 이용

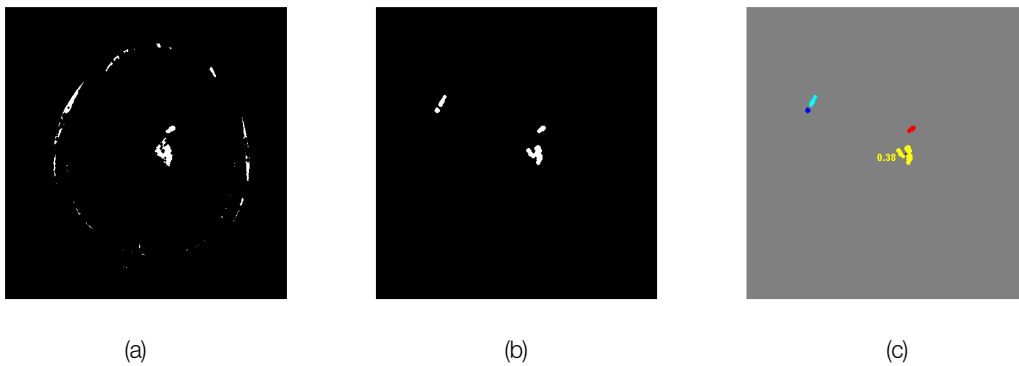


Figure. 4 The final detection of cerebral hemorrhage suspected area on the basis of morphological operation and labeling

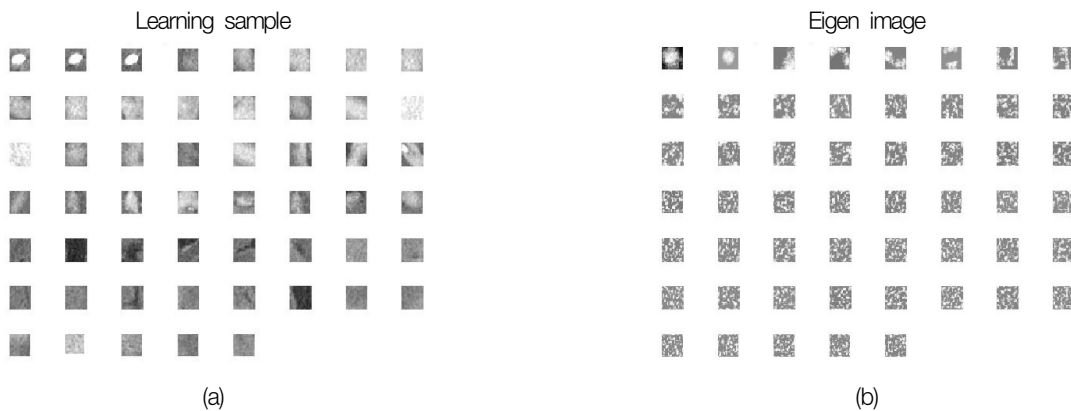


Figure. 5 The learning image and feature image used for the study

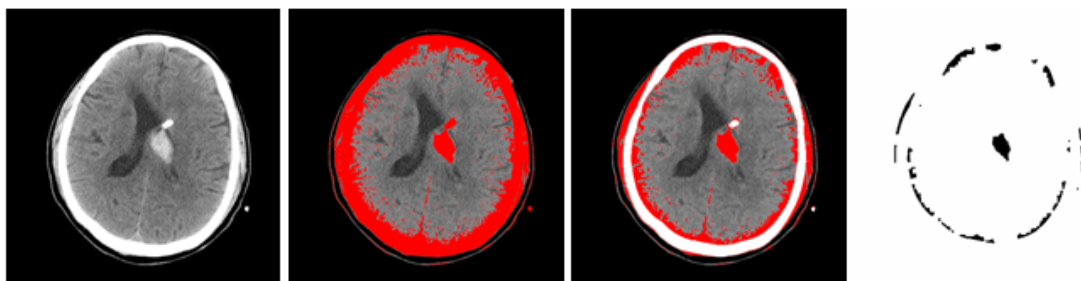


Figure. 6 The detection of the cerebral hemorrhage area candidate by threshold value treatment (a) original image (b) expression of the same pixel value with the cerebral hemorrhage area (c) skull removal

하였으며, 유클리디언 거리는 입력 샘플의 가중치와 데이터 베이스내 학습 샘플 가중치간의 차이의 제곱으로써 구해지고 최종 출력은 결과 값이 제일 작은 순으로 1위에서 5위까지 출력하도록 하였다.

III. 실험결과

뇌출혈 영상에 대한 자동 검출단계에서 결과는 다음과 같다. Fig. 6(b)에서 뇌출혈 부위를 포함하는 두개골의 영역을 나타내었고, Fig. 6(c)에서 실험적으로 계산된 문턱치 값이(Table 1 참조) 적용된 결과 두개골 제거에 성공한

모습을 볼 수 있다. 그러나 Fig. 6(b) 에서처럼 두개골을 제거한 후에도 뇌출혈 영역과 픽셀 값이 유사한 영역이 함께 포함되는 것을 볼 수 있다. 이때 결과를 바로 출력할 경우 뇌실질 영역도 함께 출력된다.

따라서 인식단계 전 자동검출에서 최대한 뇌출혈 영역의 후보를 줄여주는 것이 결과에 좋은 영향을 미친다. 문턱치 처리 후 결과에 대해 모폴로지(morphology) 연산을⁷⁻⁸⁾ 수행해서 두개골 주변 정보를 제거하는데 성공하였고, 다음 남아있는 이진영상들에 대해서 그룹화 하는데 성공하였다. Fig. 4(c)에서 개별적으로 원형률을 측정하여 결과를 표현하였고 원형률이 0.8이하에 대해서 제거하는데 성공하였다.

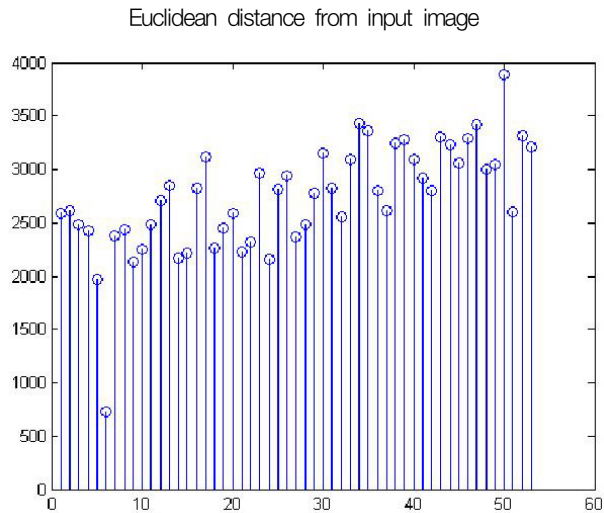


Figure. 7 The distribution of the study image comparison value with the specific input image value at the classifier

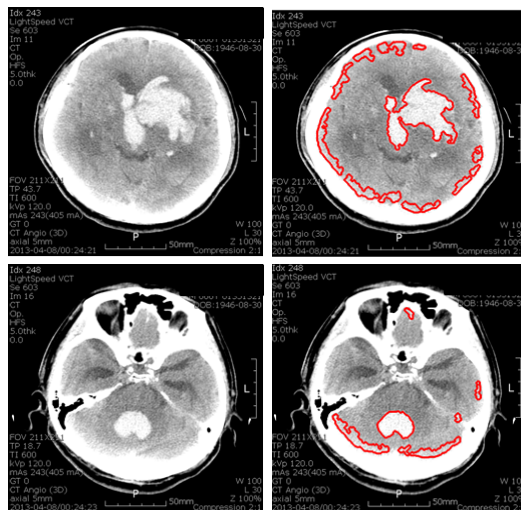


Figure. 8 A case wrongfully taken for the cerebral hemorrhage area

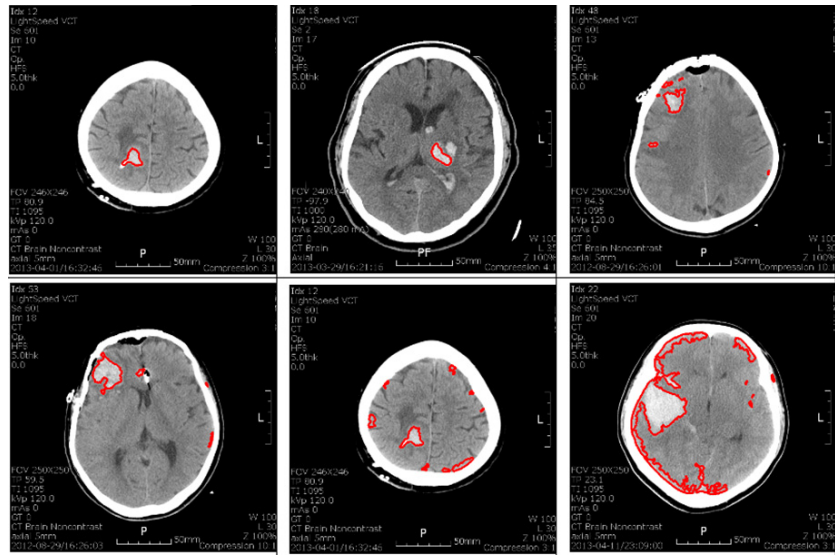


Figure. 9 A case for the cerebral hemorrhage area

인식단계에서 학습에 사용된 영상으로부터 특징값을 계산한 결과는 Fig. 5에 나타내었고 각 특징값들은 데이터베이스에 저장하였다. 데이터베이스의 1번에서 32번까지는 뇌출혈 영상 샘플을 저장하였고 33번에서 53번까지는 정상부위 특징을 저장하였다. 분류기에서 자동분류는 유클리드 거리를(Fig. 7 참조) 이용한 값으로 나타내었고 입력영상에 대해서 값이 가장 낮은 값을 정답으로 인식한다. 1위에서 4위까지의 값을 순서대로 출력하였고(Fig. 1 참조) 이때 1위에서 3위의 데이터번호가 모두 32번 이하일 때 뇌출혈영상으로 인식하여 해당 샘플 입력 영상의 전체영상을 원영상 위에 표현하였다(Fig. 9 참조)

IV. 고찰

자동진단의 연구에 주성분 분석은 자주 인용되어왔다. 기존 관련연구에서는⁴⁻⁵⁾ 주성분분석과 질감특성의 분석 등을 통해서 정상조직과 폐질환 조직의 샘플영상에 대한 출력값 분포의 차이점만을 제시한 연구를 실행하였다. 정상조직과 병변 조직 간의 특징 값 분포가 다르다는 것을 확인 하였으나 해당 실험은 초기 연구 성격을 가지며, 실제 입력 영상에 대한 출력 값을 나타내는 데는 부족하였다.

본 연구에서는 입력영상에 대한 최종 출혈부위를 출력하는 시스템을 제시함으로써 진단에 적용될 가능성이 더 높다고 할 수 있고 본 연구의 우수성은 검출부분과 분류기

를 사용한 인식부분으로 나누어서 입력 영상에 대해서 뇌출혈 영역을 자동으로 출력영상에 제시하는 진보된 시스템이라 할 수 있다.

제안하는 시스템의 제약점은 분류기의 학습에 사용된 특징값의 수가 부족하여 정밀도가 떨어질 것으로 판단된다. 학습을 많이 시킬수록 판정 값의 결과에 대한 신뢰성이 높아질 것으로 사료된다. 뇌출혈 부위의 검출단계에서 문턱치값을 사용하였다.

실험에 사용된 영상과는 달리 window width와 window level 값이 크게 다른 영상이 입력된다면 검출단계에서 매우 부정확한 결과가 생길 수 있다. 향후 검출단계에서 입력되는 영상에 대해 적응적으로 문턱치 값을 계산하는 방법이 필요하다. Fig. 8에서는 출혈부위와 함께 과잉 인식된 경우를 제시하였다. 이것은 window width와 window level 값이 일반적 두부 CT에서 사용하는 범위를 벗어난 경우에 얻어진 영상으로써 검출단계에서 문턱치 처리결과 두개골 값과 뇌실질 주변 값의 픽셀 값이 유사하게 나타나서 뇌출혈 후보군으로 같이 기록된 경우이다. 결국 이것은 인식단계에서 뇌출혈부위로 잘 못 표현하게 된다.

향후 개발에서는 따라서 다양한 농도의 CT 입력영상에 대해서 적응적으로 판단하는 시스템 개발이 필요하다고 판단되고, 검출과정에서 적응적 시스템을 도입해서 다양한 분류기를 비교분석함으로써 우수한 분류기를 선별할 예정이다. 한편, 임상 케이스 실험을 할 예정이며, 임상적 의미를 판단할 예정이다.

V. 결론

뇌출혈환자의 CT검사는 응급상황에서 숙련이 되지 않은 의료진에게는 부담을 준다. 수술에 앞서 검사와 동시에 뇌출혈부위를 자동으로 빨리 파악하고 정량적인 정보를 제공하기 위한 응급상황에서 보조적인 역할은 매우 중요하다. 본 연구에서는 출혈부위를 문턱치값 처리와 원형을 계산을 접목하여 뇌 출혈부위의 자동검출 하였고 후보군으로부터 잘못 선정된 영역을 가려내기 위하여 PCA를 이용한 분류기 개발에 성공하였다.

개발된 뇌출혈 영역 자동검출 시스템은 뇌출혈 환자에게 적용한다면 판독의 부재 시 의료진에게 빠른 정보를 줄 수 있어 치료 판단에 도움을 주고 추출된 영역의 정량적인 정보는 수술 전 후 출혈부위의 정량적 평가에 객관성을 줄 수 있다.

참고문헌

1. Kang NK, Chun YL, Hong PH et al.: Validity of categories based on computed tomography findings for acute lobar cerebral hematoma in patients with a reuptured cerebral aneurysm compared with that of patients with hypertensive lobar cerebral hematoma, *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, 5(4), 254-260, 2004.
2. Liao CC, Xiao F, Wong JM, Chiang IJ: Computer-aided diagnosis of intracranial hematoma with brain deformation on computed tomography, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 34(7), 563-571, 2010
3. Chan T: Computer aided detection of small acute intracranial hemorrhage on computer tomography of brain, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31(4-5), 285-298, 2007
4. Kim D-H, Ko S-J, Kang S-S, Kim J-H, Kim C-S: Computer-Aided Diagnosis for Pulmonary Tuberculosis using Texture Features Analysis in Digital Chest Radiography, *The Journal of the Korea Contents Association*, 11(11), 185-193, 2011
5. Park H-H, Ok C-S, Kang S-S, Ko S-J, Choi S-Y: Recognition for Lung Cancer using PCA in the Digital Chest Radiography, *The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, 15(7), 1573-1582, 2011
6. Jolliffe IT: *Principal component analysis*, 2nd edition, Springer-Verlag, 2002
7. Ha YH, Nam JY, Lee EJ, Lee CH: *Digital Image Processing*, 2nd ed., Greenpress, 2003
8. Cho JS, Kang HS, Kim HS, Kim SD: *Multimedia Signal Processing Fundamentals and Practice*, SciTech, 2006
9. Ha BC, Kwak BK, Jing J, Lim C-H, Jung H-R: Research on Perfusion CT in Rabbit Brain Tumor Model, *Journal of radiological science and technology*, 35(2), 165-171, 2012
10. Ryu G-B, Kim H-S, Lyu K-Y, Dong K-R, Kweon D-C: The Assessment of Scattered Ray According to the Beam Thickness of Z-axis in MDCT (Multi Detector Computed Tomography), *Journal of radiological science and technology*, 33(2), 129-141, 2010

•Abstract

Intracerebral Hemorrhage Auto Recognition in Computed Tomography Images

Seok-Yoon Choi · Se-Sik Kang · Chang-Soo Kim · Jung-Hoon Kim ·
Dong-Hyun Kim · Soo-Young Ye · Seong-Jin Ko

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

The CT examination sometimes fail to localize the cerebral hemorrhage part depending on the seriousness and may embarrass the pathologist if he/she is not trained enough for emergencies. Therefore, an assisting role is necessary for examination, automatic and quick detection of the cerebral hemorrhage part, and supply of the quantitative information in emergencies, the computer based automatic detection and recognition system may be of a great service to the bleeding part detection.

As a result of this research, we succeeded not only in automatic detection of the cerebral hemorrhage part by grafting threshold value handling, morphological operation, and roundness calculation onto the bleeding part but also in development of the PCA based classifier to screen any wrong choice in the detection candidate group.

We think if we apply the new developed system to the cerebral hemorrhage patient in his critical condition, it will be very valuable data to the medical team for operation planning.

Key Words : Intracerebral hemorrhage, Auto recognition, Classifier, Computed tomography