

뇌경색 시기별 MR영상의 정량적 분석

부산대학교 의공학협동과정 · 부산대학교병원 진단방사선과* · 부산대학교병원 의공학과**
박병래 · 하 광 · 김학진* · 이석홍* · 전계록**

- Abstract -

Quantitative Analysis of MR Image in Cerebral Infarction Period

Byeong Rae Park · Kwang Ha · Hak Jin Kim* · Seok Hong Lee* · Gye Rok Jeon**

Dept. of Interdisciplinary program in Biomedical Engr., Pusan National University

*Dept. of Diagnostic Radiology, Pusan National University Hospital**

*Dept. of Biomedical Engineering, Pusan National University Hospital***

In this study, we showed a comparison and analysis making use of DWI(diffusion weighted image) using early diagnosis of cerebral infarction and with the classified T2 weighted image, FLAIR images signal intensity for brain infarction period. period of cerebral infarction after the condition of a disease by ischemic stroke.

To compare 3 types of image, we performed polynomial warping and affined transform for image matching. Using proposed algorithm, calculated signal intensity difference between T2WI, DWI, FLAIR and DWI. The quantification values between hand made and calculated data are almost the same. We quantified the each period and performed pseudo color mapping by comparing signal intensity each other according to previously obtained hand made data, and compared the result of this paper according to obtained quantified data to that of doctors decision.

The examined mean and standard deviation for each brain infarction stage are as follows : the means and standard deviations of signal intensity difference between DWI and T2WI for each period are 197.7 ± 6.9 in hyperacute, 110.2 ± 5.4 in acute, and 67.8 ± 7.2 in subacute. And the means and standard deviations of signal intensity difference between DWI and FLAIR for each period are 199.8 ± 7.5 in hyperacute, 115.3 ± 8.0 in acute, and 70.9 ± 5.8 in subacute.

We can quantificate and decide cerebral infarction period objectively. According to this study, DWI is very exact for early diagnosis. We classified the period of infarction occurrence to analyze the region of disease and normal region in DW, T2WI, FLAIR images.

Key words : Brain infarction, Diffusion, Magnetic Resonance(MR)

I. 서 론

최근 개발된 자기공명영상중 에코평면영상(single-shot echo planner image : EPI)기법인 확산강조영상(diffusion weighted image : DWI)은 주어진 자기경사 내에서 조직 내 물분자의 확산에 따른 신호감쇄를 영상화하는 기법으로, 기존의 MR영상에서는 주로 조직의 T1 및 T2 이완시간에 대한 정보를 얻는데 반하여, 조직내 물분자의 확산에 따른 물리적 특성에 대한 정보를 제공함으로써 기존의 T2 강조영상보다도 뇌경색(cerebral infarction)을 조

기에 더 민감하게 진단할 수 있다.

뇌경색이란 뇌혈류의 차단에 의해 신경원(neuron)이나 gliocyte같은 신경세포를 포함한 뇌실질이 비가역적인 손상을 받는 것으로, 발병 시기에 따라 진단 및 치료의 범위가 달라지게 되므로 시기 판별은 매우 중요하다. 현재 뇌경색 환자의 발병시기 판별은 MR영상을 육안으로 상대 비교하여 의사의 주관적인 판단에 의해 수행되고 있다. 따라서 뇌경색의 시기적 특징을 정량적으로 표현할 수 있다면 객관적인 판단의 근거를 제공할 수 있을 것이다. 기존의 연구자에 의해 수행된 뇌경색 시기의 구분에

관한 내용은 주로 CT와 MR영상의 비교, 통상적인 MR 영상과 확산강조영상등의 한, 두 가지 촬영기법으로 획득된 영상의 신호강도(signal intensity : SI)를 이용하여 뇌경색의 시기별 특징을 기술하였다^{1~4)}. 이는 의학적인 시각에서만 나타내었고 공학적인 관점은 거의 고려되지 않았다. 최근에는 의료영상처리기법 즉, 물체의 추출, 패턴인식, 다양한 영상처리 및 통계처리, 여러 가지 분석 알고리즘을 적용하여 의료영상정보를 분석하고 있다^{5~8)}. 현재 뇌경색 환자의 MR영상 진단은 T2WI, T1WI, FLAIR (fluid attenuated inversion recovery)상과 EPI기법을 이용한 DWI등이 적용되고 있으며, 이들 영상들을 이용하여 뇌경색의 진단과 발병시기를 구분한다^{2, 9)}. 이들 영상 중에서 T2WI와 FLAIR상은 거의 같은 크기와 형태를 가지고 있는 반면, 뇌경색의 진단에 가장 유용하게 활용되고 있는 DWI는 T2WI와 FLAIR상에서 skull을 제거한 brain형태이므로 크기 및 위치에 관한 정보가 서로 다르다. 따라서 DWI를 T2WI 및 FLAIR상과 동일한 크기와 위치에 있도록 변환하고 이들 세 가지 영상의 상관관계를 비교·검토하였다.

세 가지 촬영기법에 의해 획득된 동일한 환자의 같은 부위의 영상을 사용하여 각 영상간의 신호강도차이를 수작업으로 얻고, 뇌 영역의 경계검출은 canny연산자를 사용하였으며, T2WI와 FLAIR상에서 추출된 뇌 영상을 DWI와 상대 비교하기 위한 영상정합기법으로 다항 워핑(poly-nomial warping)알고리즘¹⁰⁾과 어파인 변환(affine transform)을 적용하였다.

본 연구에서는 뇌경색증으로 진단된 환자로부터 획득한 DWI, T2WI, FLAIR상 세 가지 MR영상의 신호강도차이를 상호 비교·분석하고, 정확한 병변 위치를 영상정합한 후 형태구조학적인 특징을 표현하여 뇌경색의 시기별 특성을 정량화하고 식별하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

1998년 1월부터 99년 6월까지 뇌 신경학적 증상을 주소로 부산대학교병원에 내원한 환자 중 증상발현 시기가 확실하며, 신경과 전문의의 신경학적 검사상 그 병소가 환자의 증상과 밀접한 관계가 있으며, DWI을 포함한 T2WI, FLAIR상이 획득된 다양한 시기의 뇌경색환자 65명(평균연령: 59세, 남: 38명, 여: 27명)을 대상으로 분석하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 1996년 Marks, MH가 제안한 뇌경색 시기별 구분 기준을 표본으로 설정하였다¹¹⁾. 뇌경색의 시기

는 뇌의 허혈성 변화에 의한 증세가 나타난 후 MR영상을 획득하는데 까지 걸린 시간에 따라 초급성기(hyperacute, 12시간이내), 급성기(acute, 13시간~3일), 아급성기(subacute, 4일~7일), 만성기(chronic, 7일 이후)로 분류하였다. 그리고 환자 중에서 증상이 잠에서 깬 후 바로 발견된 경우는 기상시간을 증상이 시작된 시간으로 간주하였고, 초급성기 대상에서는 이 예를 적용하지 않았다. 초급성기와 급성기에 병변이 관찰된 환자는 시기별로 추적검사를 하고 동일위치의 영상을 획득하여 분석하였다.

자기공명영상장치는 초전도형 1.5 T(MAGNETON vision, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 뇌경색증으로 DWI, T2WI, FLAIR상 모두가 획득된 초급성 8건, 급성 30건, 아급성 27건을 대상으로 본 연구를 실행하였고, 획득된 영상은 MR기기에서 PC로 FTP(file transfer protocol)를 이용하여 원래의 화일(raw file) 형태로 전송하였다. 전송된 입력 영상파일의 모든 실험은 Pentium PC를 이용하여 Microsoft Visual C++ 5.0 언어로 자체 프로그램화 개발하여 구현하였다.

영상은 Single shot EPI 기법을 이용하여 DWI(TR/TE = 0.8/123 msec)을 획득하였으며, T2상(TR/TE = 3787/99 msec), FLAIR상(TR/TE/TI = 8000/119/2680 msec)을 절편두께 0.5 cm로 획득하였다. 세 가지 촬영기법으로 획득된 각각의 영상을 동일한 위치와 동일한 크기의 ROI를 선택하고 뇌경색이 나타나는 병변부위와 대칭되는 반대편 정상부위와의 신호강도를 측정하여 명확도율과 대조도 잡음비를 측정하였다. 여기서 명확도율은 병변부위 SI/정상부위 SI로 정의하고, 대조도대잡음비는 (병변부위 SI - 정상부위 SI)/NSD로 정의하였다. 그리고 NSD는 배경잡음의 표준편차(standard deviation of background noise)로 정의하였다. 세 가지 영상을 입력하고 이미 수작업으로 산출된 자료와 knowledge source(Fig. 1)를 바탕으로 영상처리와 패턴인식을 수행하였다.

각 object를 검출한 후 영상 변형의 기준점으로 설정하고, DWI, T2WI, FLAIR상에서 영상의 크기, 중심점의 matching 등을 수행하여 영상간의 대응점을 정확하게 산출하였다^{10, 12)}. 이러한 일련의 과정에 의해 변환된 영상을

1. T2상과 FLAIR상은 같은 위치와 크기를 가지고 있다.
2. T2상에서는 뇌척수액이 밝게 나타난다.
3. Ventricle과 infarction 영역은 brain의 내부에 위치한다.
4. 초급성 및 급성기 뇌경색은 DWI에 가장 잘 나타나며, 신호강도는 상당히 높다.
5. 해부학적 구조는 T2상에서 잘 나타난다
6. 각 영상의 brain은 형태구조학적으로 매우 유사한 모양을 가진다.

Fig. 1. Knowledge source

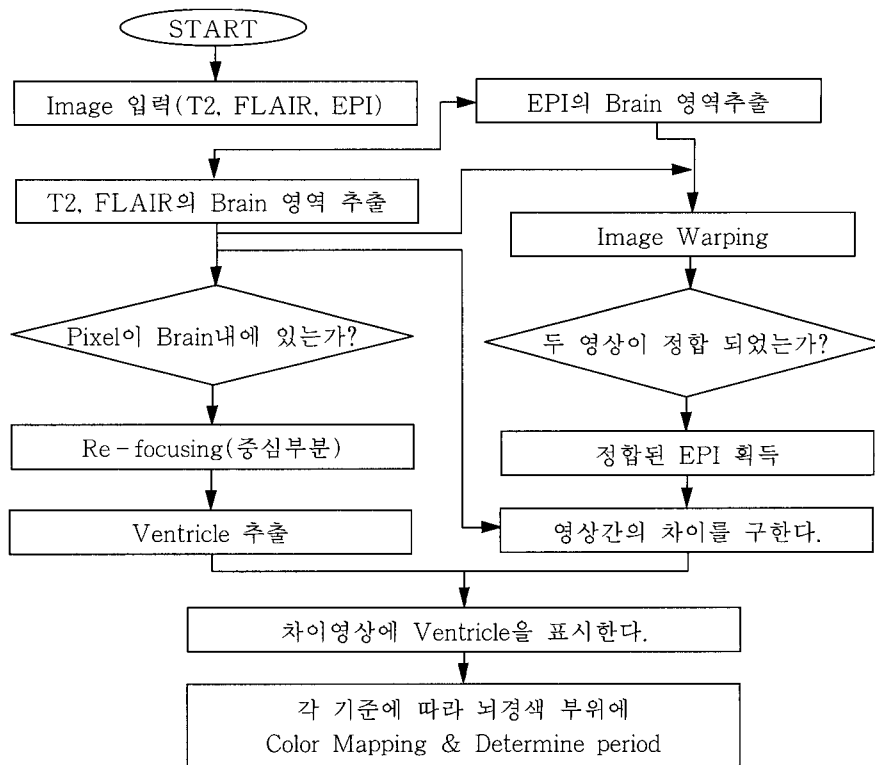


Fig. 2. Flow chart for quantization each cerebral infarction period

서로 분석하여 뇌경색의 시기별 특징을 기존의 수작업으로 얻은 시기별 신호강도 값과 비교함으로써 처리시간과 오차율을 줄이면서 정량화 과정을 수행하였다(Fig. 2).

1) T2WI와 FLAIR상에서 뇌의 추출

획득된 Skull내에 존재하는 brain 영역을 검출하기 위하여 T2WI와 FLAIR상에서 나타나는 특징들을 이용하였다. T2상에서는 뇌척수액의 신호가 가장 강하게 나타나고, FLAIR상은 fast IR sequence기법으로서 뇌척수액의 신호가 낮게 나타나는 두 영상의 이러한 특징을 이용하여 skull내에 있는 brain을 추출하였다. 추출하고자 하는 brain은 T2WI와 FLAIR상의 차이를 구하고, edge detection과 region growing을 수행한 후 edge 내부의 gray value를 256로 하여 brain 영역을 추출하여 brain의 위치정보를 알아낸 후 이 영상을 이용하여 brain을 추출하였다(Fig. 3). 뇌실(ventricle)의 위치는 brain의 내부 중 knowledge source를 바탕으로 detecting focus를 영상전체의 영역에서 brain의 중심근처로 focus relaxation을 하여 false true를 줄이고 속도를 증가시켜 구하였으며, 뇌실의 추출은 T2WI와 FLAIR상의 차이 영상과 T2상에서 thresholding과 region growing을 수행하여 공통적으로 나타나는 부분을 뇌실로 추출하여 위치 정보를 알아내었다.

2) DWI에서 뇌의 위치정보 획득

DWI는 초고속으로 촬영되는 최신 기법인 반면에 영

상에 가우시안 잡음(gaussian noise)에 의해 방해를 받는 단점이 있다¹³⁾. 즉 DWI에서 뇌 영역 추출 시 잡음의 제거 없이 경계를 추출할 경우 가우시안 잡음에 의하여 경계가 정확하게 추출되지 않으므로 뇌의 추출 및 위치 정보 획득을 위하여 가우시안 잡음의 영향을 적게 받는 canny 경계 검출(Edge detection) 기법을 사용하였으며 알고리즘은

- (1) 가우시안 필터(gaussian filter)로 영상의 평활화(smoothing)작업을 한다.
- (2) 구배 연산자를 아래 식과 같이 적용하여 크기(magnitude) 영상과 방향 영상을 구한다.

$$\text{Mag}(x, y) = \text{sqrt} \{H(x, y)^2 + V(x, y)\}$$

$$\text{Ang}(x, y) = \text{atan} \{V(x, y), H(x, y)\}$$
- (3) 방향을 나타내는 Ang(x, y) 영상을 15° 각도로 분할하여 색터 번호를 부여한다.
- (4) 이중 임계처리(double thresholding) 작업을 수행하여 세선화 작업을 수행한다.

Canny 연산자를 사용하여 DWI의 뇌경계를 추출한 결과는 Fig. 4. a와 같으며, 추출된 경계 영상을 사용하여 DWI에서 뇌 영역의 위치정보를 Fig. 4. b와 같이 획득하였다.

3) DWI, T2WI와 FLAIR상 사이의 영상 정합

T2WI와 FLAIR상에서 추출된 뇌 영상과 DWI를 상대 비교하기 위하여 영상정합 기법을 사용하였다. 영상정합에는 여러 가지 알고리즘이 사용되고 있으나 형태가 유사

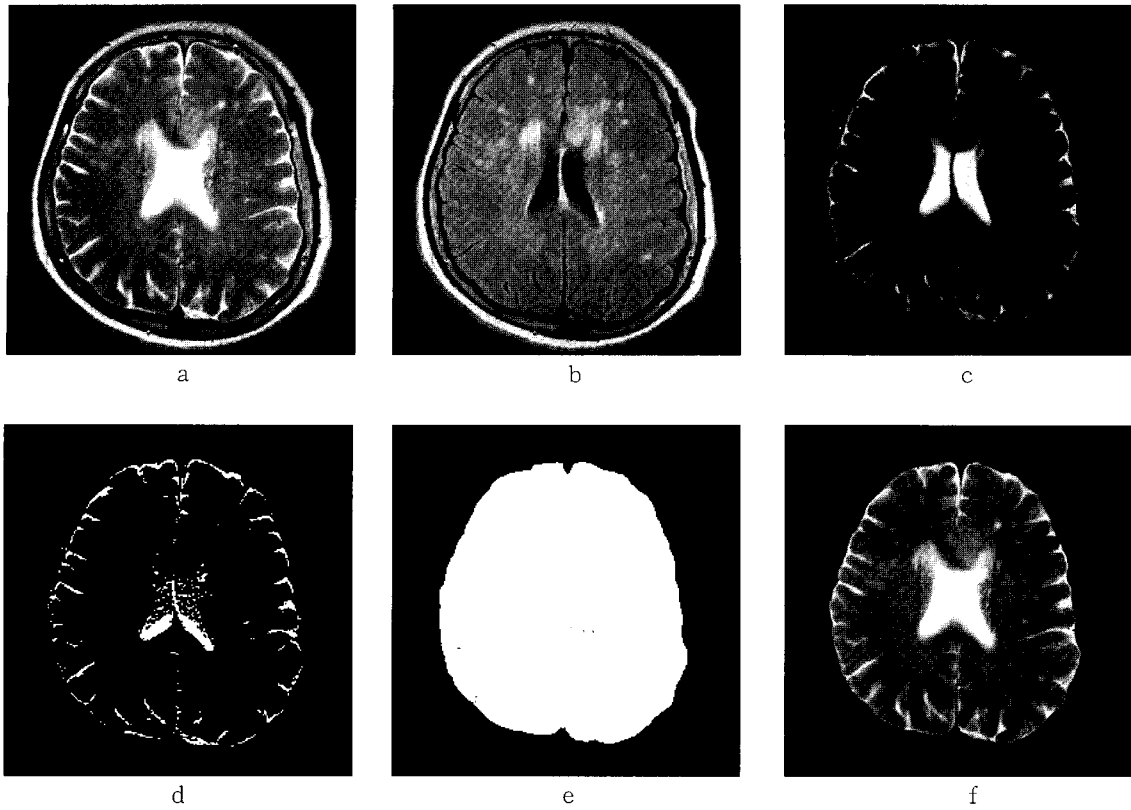


Fig. 3. a. T2 - weighted image b. FLAIR image c. Difference image T2WI between FLAIR
d. Edge detection of brain e. Spatial information of brain f. Extraction of brain

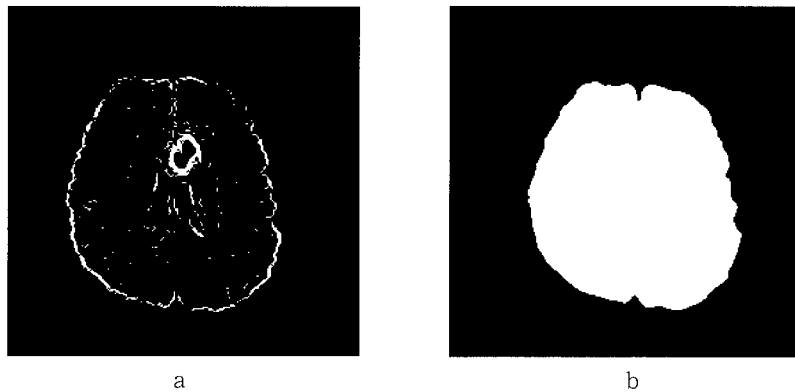


Fig. 4. a. Edge detection of brain using Canny operation in DWI
b. Spatial information of brain in DWI

한 영상간의 정합에 사용되는 다항 워핑(polynomial warping) 알고리즘과 어파인 변환(affine transform)을 적용하여 DWI와 T2WI 및 DWI와 FLAIR상간의 영상정합을 수행하였다. 각 영상의 위치정보를 이용하여 영상 워핑후 일그러짐 현상을 방지하기 위하여 팬트보간(Fant's interpolation) 알고리즘을 사용하여 T2WI와 FLAIR상의 영상정합을 수행하였다.

영상정합의 가장 기본적인 방법인 이동(translation), 회

전(rotation), 확장(scaling) 등의 기법을 조합하여 영상을 변형시키는 방법을 어파인 변환이라 한다.

다항 워핑은 기준점(control point)에 의해 제어되고 변환되지 않는 기준점을 설정하고 기준점들 사이 영상을 변환시키는 기법이다.

본 연구에서는 다항워핑 중 3차 워핑을 사용하였다. 그리고 워핑에서 발생하는 왜곡(aliasing) 현상을 방지하기 위하여 저역통과 필터링(low pass filtering)과 2차 선형보간

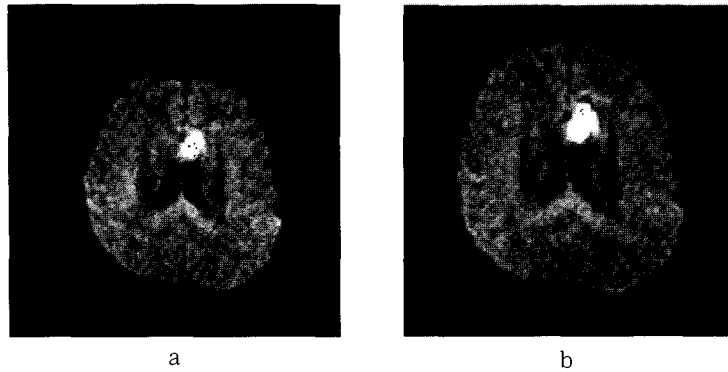


Fig. 5. a. Original echo planar imager(DWI)
b. Result image using polynomial warping for matching image

(bilinear interpolation) 과정을 수행하였다. 본 연구에서 사용한 3차 워핑은 식 (1), (2)와 같다.

$$I(x, y) \rightarrow O(x', y') \dots\dots\dots (1)$$

여기서 x' 는 식 (2)와 같고, y' 는 식 (3)과 같으며, $I(x, y)$ 는 정합 전의 영상을 의미하고 $O(x', y')$ 는 정합 후의 영상을 의미한다.

$$x' = a_9x^3 + a_8y^3 + a_7x^2y + a_6xy^2 + a_5x^2 + a_4y^2 + a_3x + a_2y + a_1xy + a_0 \dots\dots\dots (2)$$

$$y' = b_9x^3 + b_8y^3 + b_7x^2y + b_6xy^2 + b_5x^2 + b_4y^2 + b_3x + b_2y + b_1xy + b_0 \dots\dots\dots (3)$$

각 영상간의 정합에서 기준이 되는 기준점(control point)을 뇌 영상의 45°씩 배열하여 8개로 설정하고 영상정합 과정을 수행한다. Fig. 5. a는 변환되기 전 원래의 DWI를 나타내고 있으며, b는 다항워핑 기법을 적용하여 크기가 확장 변환된 영상을 나타내고 있다.

III. 결 과

본 연구에서는 수작업으로 구해진 뇌경색 부위의 신호강도를 바탕으로 각 시기별 평균적인 신호강도의 차이를 임계치로 설정하고 각 단계별 가상의 색(pseudo color)로 정하여 시기를 쉽게 판별할 수 있도록 하였다.

초급성, 급성, 아급성기에서 뇌경색 부위는 신호강도가 DWI의 초급성, 급성기에서는 매우 높게 보이고 아주 잘 나타나 쉽게 식별할 수 있었다. 그러나 초급성기 FLAIR상과 T2WI에서는 나타나지 않았으며 급성기에는 잘 나타남을 알 수 있었다. Table 1과 같이 DWI에서 가장 효율적으로 진단되는 성질을 이용하여 뇌경색 부위를 정합된 DWI의 히스토그램(histogram) Fig. 6에서 gray value 110~140

Table 1. Characteristics of each period MR images at cerebration infarction region

	Hyperacute	Acute	Subacute
DWI	↑↑↑	↑↑↑	↑↑
FLAIR	×	↑↑	↑
T2WI	×	↑↑	↑

Legend. ↑↑↑: 아주 잘 나타남 ↑↑: 잘 나타남
↑: 어느 정도 나타남 ×: 나타나지 않음



Fig. 6. Histogram of difference image

까지의 기울기어진 정도가 가장 급한 값을 임계치로 정하여 구해진 뇌경색 부위를 대상으로 그 차이를 나타내었다.

각 단계별 환자들의 신호강도는 개인의 나이, 체질 등 여러 가지 복합된 요인으로 균일하게 나타나지 않았으나, 환자 각각의 단계별 신호강도의 차이는 256 gray scale를 적용하여 뇌경색 시기별 DWI와 FLAIR상, DWI와 T2WI 및 FLAIR상과 T2WI 사이에서 수작업으로 신호강도값의 평균 및 표준편차 값을 구하였다(Table 2).

DWI와 FLAIR상에서 신호강도의 차이는 초급성기 199.8 ± 7.5, 급성기 115.3 ± 8.0, 아급성기 70.9 ± 5.8이며, DWI와 T2WI에서 신호강도의 차이는 초급성기 197.7 ± 6.9, 급성기 110.2 ± 5.4, 아급성기 67.8 ± 7.2이고, FLAIR상과 T2WI에서

Table 2. Mean and standard deviation of each cere-
bration infarction period signal intensity difference
among the three types of image at ROI

	Hyperacute	Acute	Subacute
DWI-FLAIR	199.8±7.5*	115.3±8.0	70.9±5.8
DWI-T2WI	197.7±6.9	110.2±5.4	67.8±7.2
FLAIR-T2WI	5.9±4.4	7.8±6.2	5.8±4.3

*means ± standard deviations

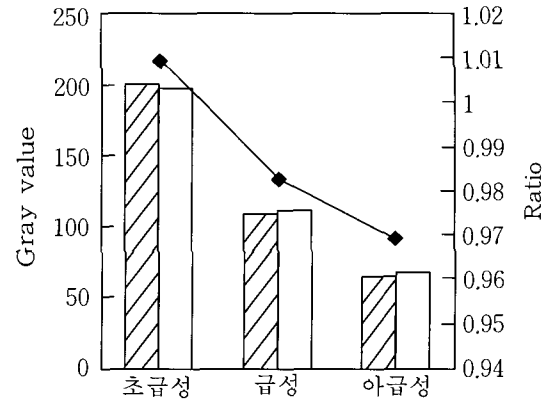
신호강도의 차이는 초급성기 5.9±4.4, 급성기 7.8±6.2, 아급성기 5.8±4.3로 나타났다. 그러나 급성기와 아급성기 사이에는 신호강도의 구분이 잘 되지 않았으며, 초급성기에 비하여 급성기와 아급성기의 gray value는 변별도가 낮으므로 오차가 발생하였고, 뇌경색이 뇌척수액 근처에 발생할 경우는 오차로 인하여 T2WI와의 관계에서 정확도가 낮음을 알 수 있었다.

전문의에 의해 진단된 MR영상의 뇌경색 부위에서 수작업으로 ROI를 측정한 신호강도치와 제안한 방법으로 획득한 신호강도의 유사성을 알아보기 위하여 시기별 영상간의 신호강도차의 값을 비교하였다. EPI를 이용한 DWI와 T2WI간의 병변부위 ROI에서의 신호강도 차의 평균값과 실험결과의 비교를 Fig. 7에 나타내고 있으며 이는 수작업으로 얻어진 신호강도치와 본 연구에서 제안한 방법으로 획득한 신호강도치와 거의 같음을 알 수 있었다.

FLAIR상과 T2WI사이에서는 병변의 신호강도차이가 시기별로 정확하게는 구분되지 않았으나, DWI와 T2WI 및 DWI와 FLAIR상간에는 시기별로 구분이 확연하게 되었다. 따라서 영상의 차이값을 가상의 색으로 구분하여 쉽게 판별하도록 하였으며 이를 Fig. 8에서 나타내었다.

세 가지 촬영기법으로 획득된 영상만 입력하면 뇌경색

EPI와 T2사이의 gray value의 수작업과 실험결과의 비교

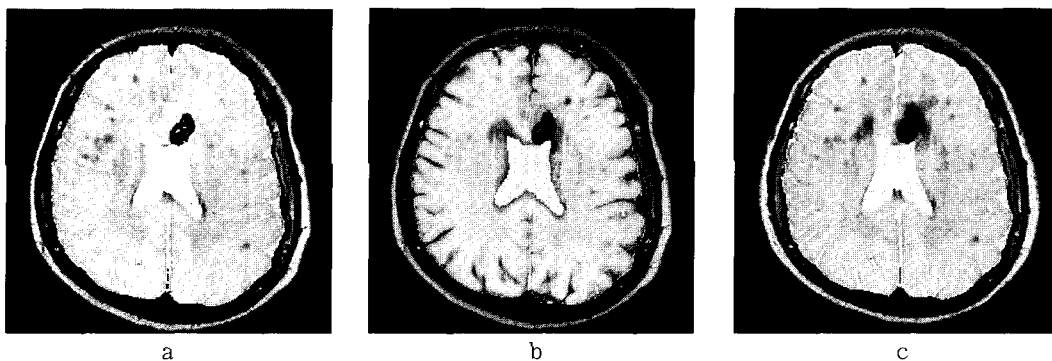


	초급성	급성	아급성
수작업	199.4	108.3	65.7
실험결과	197.7	110.2	67.8
Ratio(수작업/실험결과)	1.009	1.983	0.969

뇌경색 시기

Fig. 7. Comparison of ROI data to obtained signal intensity difference between EPI and T2 weighted image

의 시기가 판별되도록 하였다. 그리고 각 단계별 세 가지 영상을 하나의 조로 설정하여 뇌경색 단계를 분석하여 실험결과와 전문의의 판독소견을 비교하여 Table 3에 나타내었다. 또한 아급성기 환자 영상을 입력하여 두기법간에 차이를 비교하였을 때에 녹색으로 표현되는 최종 수행결과 화면을 Fig. 9에 나타내었다.

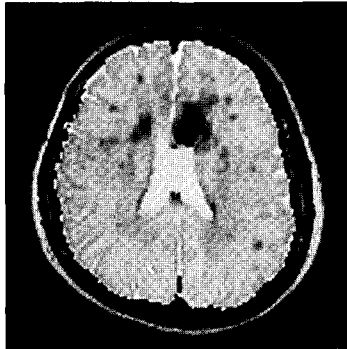


Legend. ■ : Hyperacute ■ : Acute ■ : Subacute

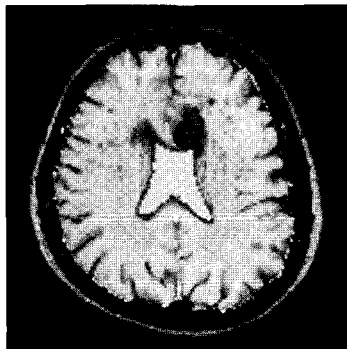
Fig. 8. a. Hyperacute in difference image FLAIR between DWI
b. Acute in difference image T2WI between DWI
c. Subacute in difference image FLAIR between DWI

Table 3. Comparison between result using proposed algorithm and doctors conclusion

	Hyperacute	Acute	Subacute
DWI - FLAIR	100% (8/8)	83% (25/30)	77% (21/27)
DWI - T2WI	80% (7/8)	73% (24/30)	70% (19/27)



Difference in EPI & FLAIR



Difference in EPI & T2

■ : Hyperacute
 ■ : Acute
 ■ : Subacute

Fig. 9. Determination subacute cerebral infarction period according to quantified signal intensity data

IV. 고 찰

생체내 물분자의 확산운동은 조직마다 서로 다를 뿐만 아니라 병적인 조직에서는 그 정도가 변화한다. 일반적인 MR 영상에서 조직의 T1 및 T2이완 시간이 신호강도를 결정하는데 확산강조영상에서는 조직의 확산정도가 신호강도에 영향을 주게 된다. 그러므로 경사계수가 충분히 큰 경우에는 확산이 잘되는 뇌척수액 등의 조직은 저신호로, 허혈성 뇌손상 등으로 인하여 조직이 활동을 하지 못하여 확산현상이 일어나지 않는 부위는 신호가 고신호로 나타난다.

확산강조영상은 확산에 의한 미약한 차이를 쉽게 인지할 수 있어 초급성 뇌경색 병변의 진단에 매우 예민도가 높은 영상기법이다. 초급성 뇌경색 병변이 고신호 강도를

나타내는 기전은 일반적으로 뇌경색 초기에 나타나는 세포독성 부종(cytotoxic edema) 현상으로 설명되고 있다¹⁴⁾. 이는 뇌허혈 조직내 초기에 세포독성 부종이 형성되면 물분자가 세포 외부에서 세포내로 이동함에 따라서 상대적으로 세포의 공간이 축소되어 세포의 공간에서 물분자의 확산은 감소하고, 세포내부로 유입된 물분자는 세포내의 소기관들에 의해 자유 운동이 감소하게 된다. 따라서 전체 물 분자의 확산은 감소되며 이로 인해 현상확산계수가 감소하고 확산강조영상에서는 고신호강도가 나타난다. 그러므로 초급성 뇌허혈증은 확산MR영상의 가장 중요한 적응증으로 혈류가 차단된 뇌조직은 수분내 확산계수가 감소하므로 일반적인 MR영상에서 병변이 나타나기 전에 조기 진단할 수 있으며 또한, 허혈성 뇌손상이 있을 때 T2강조영상에서 비정상적인 고신호강도가 나타나는 것은 약 6시간 후이며 확산강조영상에서는 45분에서도 관찰되는 것으로 알려져 있다^{14, 16)}.

아급성기에는 혈관성 부종에 의하여 확산계수가 점차 증가하여 정상조직과 비슷한 정도가 되어 그 이후 계속 증가하여 만성기에는 정상조직보다 높은 확산계수를 갖는 다고 알려져 있다.

혈관성 부종은 뇌혈류의 정지나 감소가 적어도 3~6시간이 경과한 후 나타나는데, 이는 내피세포의 형태학적 변화가 대략 4시간 후에 나타나는 현상과 관련이 있다고 알려져 있다. 혈관성 부종은 손상된 모세혈관으로 부터 물과 혈장단백질이 세포의 공간으로 유입됨으로써 발생되므로 내피세포의 손상과 재관류에 의한 뇌 혈류가 있어야 되는 것으로 알려져 있다.

통상적인 CT와 MR영상기법으로는 뇌 신경학적 증상 발현 후 24시간 이내에 뇌경색 진단의 위 음성율이 상당히 높으며 특히, 초기 8시간 이내에는 병변을 감지하지 못하는 것으로 알려졌다^{15, 16)}. 그러나 뇌경색 환자에 관한 약물요법이 발달함에 따라 적극적인 치료를 시도하여 환자의 예후와 뇌 신경학적 후유증 개선에 대한 시도가 있어왔다¹⁷⁾. 일반적으로 초기에 적극적인 치료를 시행하는 것이 회생 가능한 조직을 구제할 수 있는 방법이라 하였으나 일부 약물의 위험성과 치명적인 부작용, 합병증이 유발되기도 하였으므로¹⁸⁾ 정확한 진단이 필수조건이 되며 이 시기에 병변의 유무와 정도를 판별해내는 것이 매우 중요하다. 초급성기 뇌경색 환자에 있어서 CT나 T2 강조영상에서 보이지 않는 경색된 부위가 확산 강조영상에서 관찰되어 확산 강조영상이 초급성기 뇌경색 진단에 유용함을 기존의 연구^{4, 19~21)}에서 보고한 이후 허혈성 뇌경색은 되도록 초기에 발견하여 적절히 치료하면 비가역적인 괴사를 막아서 좋은 치료효과를 얻을 수도 있기 때문에 허혈증의 조기진단은 매우 중요하며, 환자의 예후를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

획득된 MR영상을 서로 비교·관찰하고 증세 발현시기에 따른 병력을 토대로 의사의 주관적인 지식판단에 의해 진단내려지는 것을 다양한 공학적인 개념을 적용하여 정량적이고 객관적인 판단을 근거로 뇌경색시기를 알아

참 고 문 헌

보자는 본 연구의 목적이었으나, 단순 영상비교연구는 보고되고 있으나 이에 관한 영상처리에 의한 공학적인 이전의 연구가 없어 실험결과를 비교검증하기가 어려웠으며, 본 결과는 전문의사의 판독소견서와 비교하였다.

실제 뇌경색환자의 MR영상 획득시 어려우나 유의해야 할 것은 의식저하와 두통증세 등으로 인하여 많은 움직임이 있으므로 반드시 움직임에 의한 artifact가 없는 영상을 얻을 수 있도록 노력하였다. 또한 몇 일 후 추적검사시는 가급적 전과 동일한 위치에서 영상획득이 되도록 하였다. 그러므로 시기별 신호강도 측정시 정확한 비교측정이 가능하도록 하였다.

본 실험에서도 초급성 병변은 T2 강조영상에서 신호변화를 보이기 전에 명백한 신호증가를 보여 뇌경색의 조기진단에 매우 유용함을 알 수 있었다. 급성기에서는 확산 강조와 T2 강조영상 모두에서 병변을 관찰 할 수 있었으므로, 확산 강조영상은 넓은 범위의 병변을 관찰 할 수 있으며 병변 발견율의 우위를 나타내었다. 또한 확산 강조와 T2 강조영상, FLAIR상과의 신호 비교로 병변의 시기를 유추 할 수 있을 지 알아보았는데, 각각의 두 기법간 영상 신호강도값을 비교하면 일정한 특성의 신호강도차를 나타내므로서 병변 발현시기를 추정할 수 있었다.

V. 결 론

세 가지 촬영기법으로 획득된 뇌경색 환자의 MR영상에 대해 뇌경색 시기별 각 영상간의 신호강도 차이를 이용하여 초급성, 급성, 아급성기를 정량적으로 판별하고자 하였다.

뇌경색으로 진단된 65명의 환자 영상을 획득하여 병변 부위의 신호강도를 측정하여 경색 시기를 정량화하고, 뇌영역의 경계검출은 canny연산자를 사용하여 다항 위핑 알고리즘과 어파인 변환을 적용한 영상정합기법을 수행하였다. FLAIR상과 T2WI에서 관찰하기 어려운 뇌경색 부위의 정확한 위치와 DWI에서 관찰하기 어려운 정확한 해부학적인 위치를 두 영상의 정합에 의해 뇌경색의 형태구조학적인 특징을 쉽게 판별할 수 있었고, 이를 이용하여 뇌경색 부위의 정확한 검출과 뇌경색의 시기도 구분할 수 있었다.

시기별로 정량화 된 값을 뇌경색 시기구분의 기준으로 설정하여 경색의 시기구분을 자체 개발한 프로그램에 적용하여 수행한 결과 전문의의 판단과 75% 이상의 확률로 일치하였다.

본 연구를 통하여 지금까지 전문의의 주관적인 판단으로 구분되던 뇌경색의 시기 구분을 객관적으로 정량화된 자료를 제시 할 수 있었으며, 이를 기본으로 하여 뇌경색 시기 구분의 다양한 파라미터를 첨가한다면 뇌경색 진단 보조시스템의 개발에 적용 가능하리라 사료된다.

1. A. Sorensen : Hyperacute stroke : Evaluation with combined multisection diffusion-weighted and hemodynamically weighted echo-planar MR imaging, Radiology, 199, 391 - 401, 1996.
2. A. G. Osborn : Diffusion MR imaging clinical application, Am J Roentgenol, 159, 591 - 599, 1992.
3. Warach S, Chien D, Li W, Ronthal M, et al : Fast magnetic resonance diffusion-weighted imaging of acute human stroke, Neurology, 42, 1717 - 1723, 1992.
4. Unger EC, Gado MH, Fulling KF, et al : Acute cerebral infarction in baby an experimental study using MR imaging, Radiology, 162, 798 - 795, 1996.
5. Milan Sonka : Knowledge-based interpretation of MR brain Images, IEEE Trans. Medical Imaging, 15, 4, 443 - 452, 1996.
6. Leiguang Gong : Composition of image analysis processes through object-centered hierarchical planning, IEEE Trans. on pattern analysis and machine intelligence, 17, 10, 997 - 1009, 1995.
7. R. Bajcsy, S.Kovacic : Multiresolution elastic matching, Comp. Vis. Graphics, Image processing, 46, 1 - 21, 1989.
8. Fred L. Bookstein : Principal Warps : Thin-plate Splines and the Decomposition of deformations, IEEE Trans. Pattern analysis and machine intelligence, 11, 6, 567 - 585, 1996.
9. A. Sorensen : Hyperacute stroke : Evaluation with combined multisection diffusion-weighted and hemodynamically weighted echo-planar MR imaging, Radiology, 199, 391 - 401, 1996.
10. H. E. Burdick. Polynomial warp : Digital Imaging, McGraw-Hill Compony, 145 - 152, 1997.
11. Marks MH, Crespigny AD, Lentz D, et al : Acute and chronic stroke : Navigated spline-echo diffusion-weighted MR imaging, Radiology, 199, 403 - 483, 1996.
12. E. A. Ashton : Segmentation and features extraction techniques, with applications to biomedical images, Magnetic Resonance in Medicine, 33, 5, 670 - 677, 1995.
13. R. Deklerck, J. Comelis, M. Bister : Segmentation of medical images, Image and Vision Computing, 11, 8, 486 - 503, 1995.
14. Sevick RJ, Kanda F, Mintorrovitch J, et al : Cytotoxic brain edema assessment with diffusion weighted MR imaging, Radiology, 185, 687 - 690, 1992.
15. Bryan RN, Levy LM, Whitlow WD, et al : Diag-

- nosis of acute cerebral infarction : comparison of CT and MR imaging. AJNR 12, 611-620, 1991.
16. Yuh WTC, Crain MR, Loes DJ, MR imaging of cerebral ischemia finding in the first 24 hours. AJNR, 12, 621-629, 1991.
 17. Cerebral Embolism Study Group. Cardioembolic stroke, early anticoagulation and brain hemorrhage. Arch Intern Med, 147, 636-640, 1984.
 18. Brott TG, Haley EC, Lecy DE, et al : Urgent therapy for stroke part I. Pilot study of tissue plasminogen activator administered within 90 minutes. Stroke, 23, 632-640, 1992.
 19. Mosely ME, Kucharczyk J, Mintorovitch J, et al : Diffusion weighted MR imaging of acute stroke : correlation with T2 weighted and magnetic susceptibility enhanced MR imaging in cats. AJNR, 11, 423-429, 1990.
 20. Chien D, Ruxton RB, Kwong KK, et al : MR diffusion imaging of the human brain. J Comput Assist Tomography, 14(4), 514-520, 1990.
 21. Baker LL, Kucharczyk J, Sevick RJ, et al : Recent advances of MR imaging spectroscopy of cerebral ischemia. 156, 1133-1143, 1991.