J. Biomed. Eng. Res.
Vol. 24, No. 2, 61-68, 2003

객체 중심 계층적 계획을 이용한 뇌경색 환자의 시기별 MRI 정량적 분석에 관한 연구

하 광* · 전계록** · 김길중***

부산대학교 의공학 협동과정*, 부산대학교 의과대학 의공학교실**, 동서대학교 정보시스템공학부 전자공학과***

(2002년 8월 27일 접수, 2003년 4월 1일 채택)

MRI Quantification Analysis on Fall in Sick Times of the Cerebral Infarction Patients Using Object-Centered Hierarchical Planning

Kwang Ha*, Gye-Rok Jeon**, Gil-Jung Kim***

Dept. of Interdisciplinary Program in Biomedical Engineering, Pusan National University*, Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University**, Dept. of Electronics Engr., Division of Information System Engr., Dongseo University***

(Received August 27, 2002. Accepted April 1, 2003)

요 약 : 본 논문에서는 의학적 진단 및 처치 방법의 결정에 중요한 역할을 하는 뇌경색 환자의 각 시기별 특징을 정량화하기 위해 3 가지 MRI 촬영기법을 이용하여 획득한 영상의 특징과 그들의 상관관계들을 객체중심 계층적계획기법을 이용하여 분석하였다. 3 가지 영상의 비교를 위하여 다항워핑 알고리즘과 어파인 변환기법을 수행하여 영상을 정합하였으며, 정합된 영상을 기반으로 뇌경색 시기별 정량화를 수행하였다. 그리고 각 시기별로 색을 설정하여 수 작업으로 얻어진 데이터를 바탕으로 의사 컬러로 나타내었다. 본 연구에서 구한 뇌경색 시기별 정량화 자료를 바탕으로 구분된 결과와 전문의가 판단한 결과를 비교하였다.

Abstract : This paper presents a quantitative analysis method for fall in sick times of the cerebral infarction patients using three types of magnetic resonance image, which play an important role in deciding method of medical treatment. For this object, image characteristics obtained by three radiographic methods of MRI and their relation were analyzed by means of object centered hierarchical planning method. This methode presents an approach to the knowledge based processes for image interpretation and analysis. To compare three type of MRI, a multiple warping algorithm and affine transform method performed for image matching. Then each fall in sick times level of cerebral infarction was quantified and pseudo-color mapping performed by comparing gray level value one another according to previously obtained hand maid data. The result of this study was compared to a medical doctors decision.

Key words : quantitative analysis, brain infarction, MRI, mesh warping, affine transform

서 론

일반적으로 임상에서는 뇌경색의 발현 시기에 따라 진단 및 치료의 범위가 달라지게 되므로 뇌경색의 시기 판별은 매우 중요하다. 뇌경색의 시기는 크게 초급성기, 급성기, 아급성기, 만성기 등으로 구분되며, 초급성기의 경우 혈전 용해제를 투입하고, 급성기의 경우에는 뇌압을 조절하며, 그 이후에는 혈전 방지제 등을 사용한다. 이와 같이 뇌경색의 각 시기에 대응하는 치료 방법을 적절하게 사용하지 못할 경우에는 환자에게 치명적인 역효과를 줄 수 있다. 그러나 현재 뇌경색 환자의 발현 시기의 판별은 의사의 주관적인 판단에 의해 수행되고 있다. 즉 여러 가지 촬영기법에 의해 획득된 MR 영상을 육안으

통신저자 : 전계록, (602-739) 부산광역시 서구 아미동 1가 10번지 부산대학교 의과대학 의공학교실
Tel. 051-240-7535, Fax. 051-242-5003
E-mail. grjeon@pusan.ac.kr

로 상대 비교하고 환자의 병력을 참고하여 뇌경색 시기를 판별하고 있으므로 정확한 시기 구분은 어려운 실정이다. 따라서 뇌경색의 시기적 특징을 정량적으로 표현할 수 있다면 객관적인 판단의 근거를 제공할 수 있으며 이를 바탕으로 정확한 뇌경색의 시기를 구분할 수 있다.

뇌경색 시기를 구분하기 위하여 MR 영상의 관심영역 (region of interest, ROI)에 대해 다음과 같은 파라미터들을 이용하고 있다. 즉 ROI의 신호강도 (signal intensity, SI) 평균, 표준편차, 명확도 (정상부위와의 대조도), 경계의 선명도, 명확도율 (conspicuity ratio, lesion/normal), 잡음대조비 (contrast to noise ratio, CNR) 등을 이용하고 있다. 현재까지 타 연구자에 의해 수행된 뇌경색 시기의 구분에 관한 연구는 주로 한 가지 촬영기법으로 획득된 영상의 SI를 이용하여 뇌경색의 시기별 특징을 기술하였다[1]. 왜냐 하면 대부분의 연구자들은 뇌경색 시기의 구분을 의학적인 관점에서만 접근하였고, 공학적인 관점은 거의 고려하지 않았기 때문이다. 뿐만 아니라 여러 가지 촬영기법에 의해 획득된 MR 영상을 상호 비교하기 위해서는 다양한 영상처리기법과 통계처리기법이 필요하기 때문에 각 영상의 ROI에 대한 파라미터들의 시기별 상관관계에 대한 특징의 연구는 수행되지 않았다. 최근에는 뇌 영상의 정량적 표현을 위해서는 표준적인 기준영상을 설정한 후 기준영상의 형태와 비슷하게 타 영상을 변형하는 방법이 주로 사용되어 왔다. 그리고, 영상의 변환 과정에서 발생할 수 있는 정보의 손실과 모양의 변형을 억제하기 위한 여러 가지 방법들이 수행되었다[1,2]. 일례로 뇌 영상의 정량화에 관한 연구가 다음과 같은 방법에 의해 진행되고 있다. 즉 뇌 영상의 정량적 표현을 위하여 뇌지도 (brain map)와 같은 기준영상을 설정한 후 기준영상의 형태구조와 비슷하게 타 영상을 변형하여 서로 간의 상관관계를 비교 · 검토하는 방법들이 주로 사용되고 있다. 그러나 환자의 나이, 체질, 체형, 질환의 형태 등 여러 가지 변수가 많이 나타나므로 정량화 작업을 수행 할 경우 질병의 위치, 형태, 크기의 변형 등의 여러 가지 문제가 생길 수 있으며 기준영상의 일반성에 대한 문제가 발생하였다. 뇌 질환 영상의 정량화에 관한 타 연구는 주로 MRI의 촬영기법 중 한 가지 기법으로 촬영된 영상을 사용하여 정량화를 수행하였다. 또한 정량화 과정에 있어 기존의 뇌경색 영역의 검출과 인식 및 추출의 과정은 뇌경색 및 구조물의 특징을 고려하지 않았다.

현재 뇌경색 환자의 MRI 진단은 T2, FLAIR (fluid attenuated inversion recovery), EPI (echo planar imaging) 촬영기법에 의해 획득된 영상들을 주로 사용되고 있으며, 이들 영상들을 이용하여 뇌경색의 진단과 발현 시기를 구분한다. 이들 영상 중에서 T2와 FLAIR 영상은 거의 같은 크기와 형태를 가지고 있으며 해부학적인 정보가 잘 나타내고 있다. 그러나 뇌경색의 진단에 가장 유용하게 활용되고 있는 EPI는 T2와 FLAIR에서 두개골을 제거한 두뇌 형태를 나타내므로 T2와 FLAIR 영상과는 크기 및 위치에 관한 정보가 서로 다르다. 따라서 EPI를 T2 및 FLAIR와 동일한 크기와 위치에 있도록 변환하고 이들 세 가지 영상의 상관관계를 비교 · 검토하는 방법에 대한 연구가 필요하다. MRI 상에서 두뇌와 뇌실의 검출에 관한 여러 가지 연구가 수행되었으나, 이들 연구는 영상간의 관계와 특징을 고려하지 않았으며 단지 영상의 윤곽선 검출 등과 같은 방법을 사용하였다[2].

본 연구에서는 세 가지 촬영기법에 의해 획득된 동일한 환자의 같은 부위의 영상을 사용하여 각 영상간의 형태학적인 관계를 비교함으로써 뇌경색의 시기별 정량화 과정을 수행하였으며, 이러한 과정을 여러 환자에 적용하여 뇌경색의 시기별 특징을 관찰하였다. 그리고 관찰한 결과를 쉽게 파악할 수 있도록 각 시기별에 해당하는 색을 지정하여 컬러 영상으로 사상(mapping) 과정을 수행하였다.

대상 및 방법

실험 대상 및 분석 도구

본 연구에서는 MRI (MAGNETON Vision 1.5T, Siemens Co., Germany)를 이용하여 1997년 1월부터 1998년 5월까지 부산대학교병원에서 뇌경색 진단을 받은 환자를 실험 대상으로 하였다. 즉, FLAIR, T2, EPI를 모두 촬영한 초급성 12건, 급성 33건, 아급성 30건을 FTP (file transfer protocol)를 이용하여 PC에 해상도가 256×256, 8bit(256) gray level의 원시 데이터(raw data)로 전송하였다. 이들 영상을 PC에 저장한 후 Microsoft Visual C++ 5.0으로 구현한 프로그램에서 분석하였다.

영상처리 기법

본 연구에서는 세 가지 촬영기법에 의해 획득된 동일한 환자의 같은 부위의 영상을 사용하여 각 영상간의 형태학적인 관계를 비교함으로써 뇌경색의 시기별 정량화 과정을 수행하였으며, 이러한 과정을 여러 환자에 적용하여 뇌경색의 시기별 특징을 관찰하였다. 그리고 관찰한 결과를 쉽게 파악할 수 있도록 각 시기별에 해당하는 색을 지정하여 컬러 영상으로 사상 과정을 수행하였다. 이러한 연구를 수행하기 위하여 다음과 같은 일련의 과정을 수행하였다. 먼저 세 가지 촬영기법에 의해 획득된 MRI 영상들 간의 위치적인 관계 (spatial relationship)들과 객체들의 모양, 크기, 대조도 등의 형태학적인 특성들을 정의하여 그림 1과 같은 지식기반규칙 (knowledge based rules)을 설정하였다[3]. 그리고 다중뷰/논리양식 (multiple view/modalities)를 이용한 작업규격 (task specification), 추상화계획 (abstract plan), 세부작업계획 (specific plan) 과정을 그림 2와 같이 수행하여 각 객체 (object)의 위치적 형태구조학적인 특징들을 이용하여 각 객체를 검출 한 후 이들을 영상 변환의 기준점으로 설정하였다. 그리고 EPI, FLAIR, T2 영상들의 크기, 중심점의 매칭 (matching) 등을 수행하여 영상간의 대응점을 정확하게 산출하였다[4,5,6]. 이러한 일련의 과정에 의해 변환된 영상을 서로 분석하여 뇌경색의 시기별 특징을 기존의 수 작업으로 얻은 시기별 데이터와 비교함으로써 수행 시간과 오차율을 줄이면서 정량화 과정을 수행하였다. 정량화 된 자료와 수 작업으로 구한 데이터들을 비교하였으며,

비교·검토한 자료들을 바탕으로 뇌경색 환자의 시기를 구분하였다.

1. FLAIR와 T2는 같은 위치와 크기를 가지고 있다.
2. T2영상에서는 EPI나 FLAIR 영상에 비해 뇌척수액이 강조되어 나타난다.
3. Ventricle과 infarction 영역은 brain의 내부에 위치한다.
4. 뇌경색은 EPI에 가장 잘 나타나며, 그 부위에서의 gray value는 상당히 높다.
5. 해부학적 구조는 T2에서 가장 잘 나타난다
6. 각 영상의 brain은 서로 매우 유사한 모양을 가진다.

그림 1. 자기공명영상의 지식기반규칙
Fig. 1. A Knowledge based rules of MRI

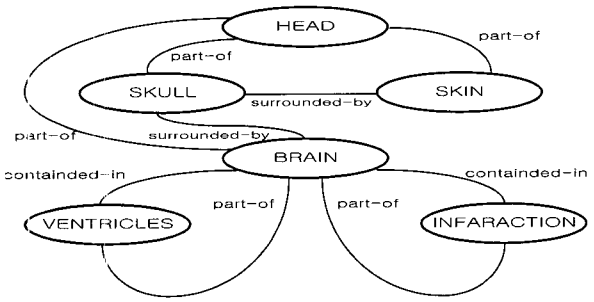


그림 3. 뇌경색 시기 구분을 위한 의미적인 network에서의 객체 모델의 표현
Fig. 3. Representing an object model in a semantic network for decision of fall in sick times of the cerebral infarction

객체 중심 계층적 계획 기법

본 연구에서는 세 가지 촬영기법에 의해 획득된 MR 영상을 입력하고, 이미 수 작업으로 산출된 자료와 지식기반 규칙을 바탕으로 영상처리와 패턴인식을 수행하여 뇌경색의 각 시기를 분류하였다. 본 연구에 적용한 객체중심 계층적 계획기법은 그림 3과 같다. 즉, 뇌 부위의 MRI를 분석하기 이전에 뇌의 각 객체들 사이의 상관관계를 파악하여 각 객체의 추출이 용이하도록 객체 구성도를 그림 3과 같이 구성하였으며, 이를 이용하여 두뇌와 뇌실을 추출하도록 하였다. 그리고 추출한 영상에서 뇌경색 시기별 구분 및 정량화를 수행하였으며, 수행된 알고리즘의 순서도는 그림 4와 같다.

결 과

MR 영상에서 뇌경색 구분 시 한계점

일반적으로 뇌경색의 시기별 구분 시에는 MR 영상의 gray level의 값으로 시기를 구분한다. 그러나 세 가지 촬영 기법별 MR 영상들은 표 1과 그림 5에서와 같이 초급성, 급성, 아급성의 구분이 군집도를 형성하지 않았다. 즉, 그림 5에서 EPI의 경우 초급성과 급성간의 구분이 이루어지지 않았으며, FLAIR

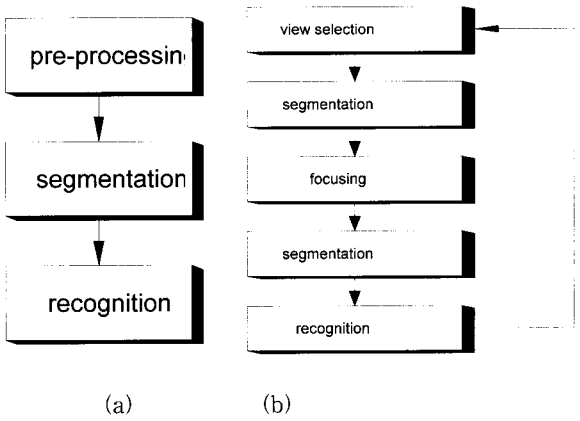


그림 2. 영상처리와 인식작업 (a) 일반적인 경우, (b) 확장된 파라다임
Fig. 2. Image processing and recognition task (a) conventional type, (b) extended paradigm

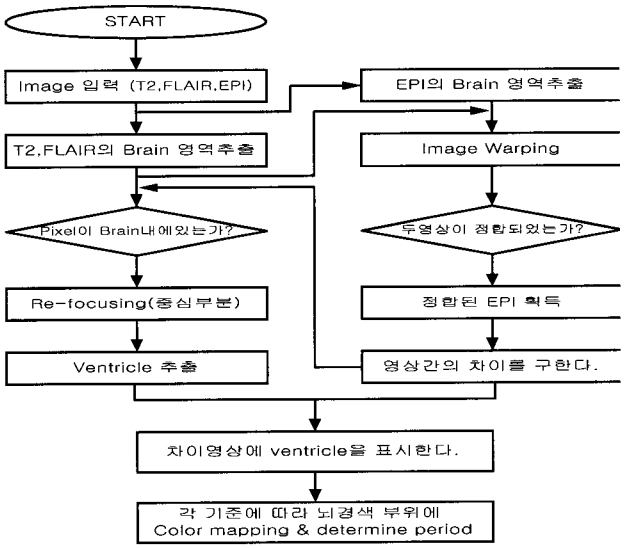


그림 4. 뇌경색 시기 판단 및 정량화의 순서
Fig. 4. Flowchart for decision of fall in sick times of the cerebral infarction and quantify.

표 1. 시기별 뇌경색 부위에서의 gray value 차의 평균 및 표준편차
Table 1. Mean and standard deviation of gray values for fall in sick times of the cerebral infarction

	초급성(24시간이내)	급성(1일~3일)	아급성(4일~7일)
EPI	240.1 (8.8)	238.8 (6.9)	188.8 (7.4)
FLAIR	38.3 (4.9)	123.7 (6.6)	118.1 (7.2)
T2	40.4 (7.4)	129.7 (6.1)	123.1 (5.1)

와 T2의 경우 급성과 아급성 간의 구분이 이루어지지 않았다. 따라서 한 가지 촬영 기법만으로 뇌경색 시기 구분에는 한계가 있음을 알 수 있었다.

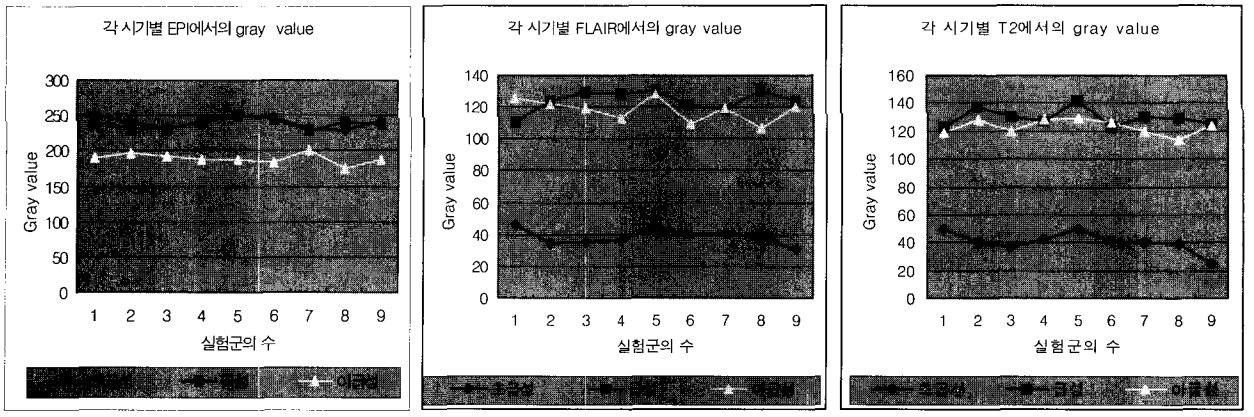
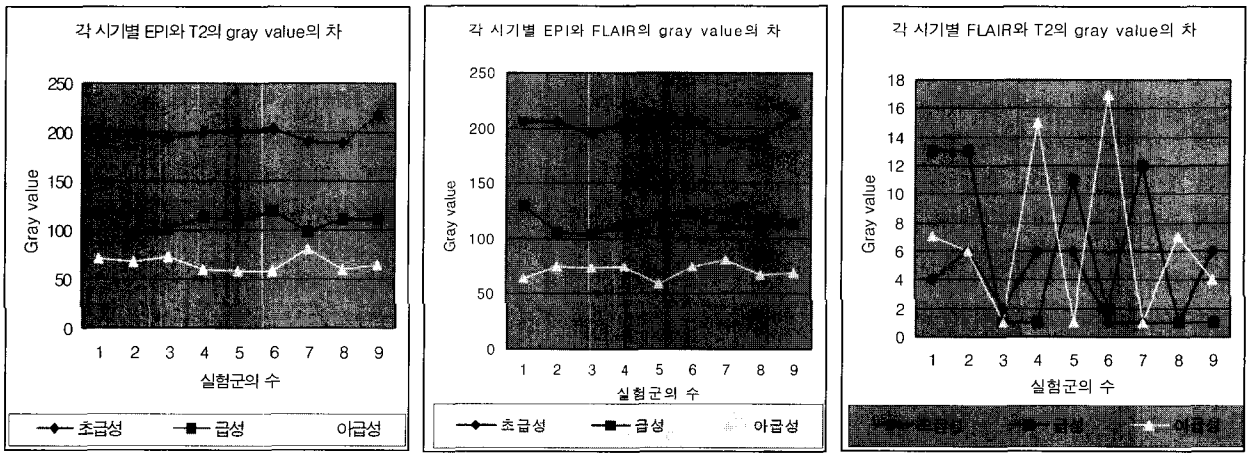


그림 5. 세 가지 MRI 촬영기법에서의 각 시기별 gray value (a) EPI, (b) FLAIR, (c) T2
Fig. 5. Gray values of each fall in sick times in three radiographic methods of MRI (a) EPI, (b) FLAIR, and (c) T2



(a) (b) (c)

그림 6. 세 가지 MRI 촬영기법에서의 gray value의 차 (a) EPI와 T2, (b) EPI와 FLAIR, (c) FLAIR와 T2
Fig. 6. Gray value difference in three types of MRI (a) EPI and T2, (b) EPI and FLAIR, and (c) FLAIR and T2

실험군의 선정

뇌경색의 시기별 각 촬영기법에 대한 뇌경색 부위의 특징은 표 2와 같다.

본 연구에서는 초급성, 급성, 아급성 뇌경색 진단을 받은 환자 중 동일 시기, 동일 부위에 대한 FLAIR, T2, EPI 세 가지 기법으로 촬영된 영상들을 한 조로 선정하여 각 영상간의 상관관계에 대해 고찰하면 표 3 및 그림 6과 같다.

그림 5에서는 한 장의 MR 영상만으로 초급성기, 급성기, 아급성기의 구분이 이루어지지 않았으나, 영상간의 상관관계를 고려하여 전문의의 도움으로 수 작업 한 결과 FLAIR와 EPI, FLAIR와 T2간의 gray value의 차이가 그림 6의 (a), (b)와 같이 각 시기별로 군집성을 이루고 있음을 알 수 있었다. 그러나 FLAIR와 T2 영상은 같은 크기와 위치를 가지고 있는 반면에 EPI는 T2 및 FLAIR 영상과 크기, 형태, 위치가 서로 다르기 때문에 각 영상들에 나타나는 뇌경색 부위의 정확한 위치 파악에 대하여 오차가 나타나게 된다. 그러므로 크기와 형태 및 위치가 서로 다른 MR 영상의 정확한 matching 점과 서로의 비교 및 정량화 작업을 위해서 두 영상의 정합이 요구되었다.

표 2. 뇌경색 부위의 시기별 MRI 특징
Table 2. MRI CharacteristicsARACTERISTICS OF EACH FALL IN SICK TIMES OF THE CEREBRAL INFARCTION

	초급성	급성	아급성
EPI	◎	◎	○
FLAIR	×	○	●
T2	×	○	●

Legend ◎: 아주 잘 나타남, ○: 잘 나타남, ●: 어느 정도 나타남, ×: 나타나지 않음

그림 7. FLAIR 영상
Fig. 7. FLAIR image

그림 8. T2 영상
Fig. 8. T2 image

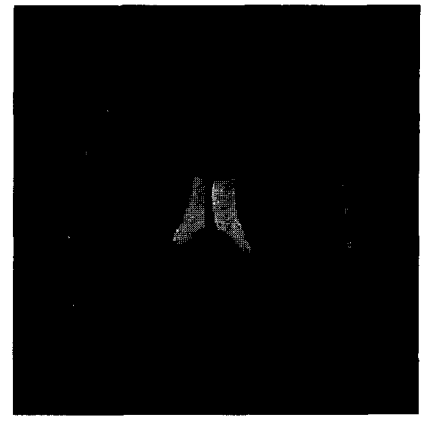


그림 9. FLAIR와 T2의 차이 영상
Fig. 9. Difference image between T2 and FLAIR

그림 10. 뇌 경계검출
Fig. 10. Edge detection of the brain

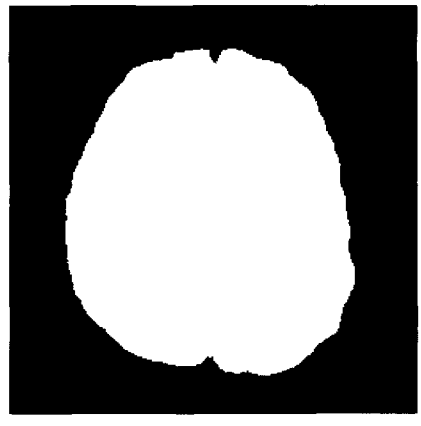


그림 11. 뇌의 위치 정보
Fig. 11. Spatial information of the brain

그림 12. 뇌의 추출
Fig. 12. Extraction of the brain

두뇌 영역의 추출

두개골 내에 존재하는 두뇌 영역을 검출하기 위하여 FLAIR와 T2 영상에서 나타나는 특징들을 이용하였다. 두개골과 두뇌의 경계에는 뇌척수액이 존재하므로 두개골에서 두뇌 영역만을 분리하기 위해서는 뇌척수액을 이용하여 보다 정확하게 두뇌를 추출할 수 있다. FLAIR는 fast IR sequence의 개발로 채택된 기법으로서 뇌척수액의 신호를 제거하기 위한 방법이며 그림 7과 같이 나타난다. T2에서는 뇌척수액의 신호가 그림 8과 같이 가장 강하게 나타난다. 따라서 FLAIR와 T2 영상의 차이 영상을 구하면 그림 9와 같이 나타낼 수 있다. 이러한 두 영상의 특징을 이용하여 두개골 내에 있는 두뇌를 추출하면 그림 10과 같다. 즉, 검출하고자 하는 두뇌는 그림 9와 같이 FLAIR와 T2 영상의 차이를 구하고 에지 검출과 영역확장(region growing)을 수행한 후 에지 내부의 gray value를 255로 하여 두뇌 영역의 위치 정보를 그림 11과 같이 추출하였다. 그리고 이 영상을 이용하여 그림 12와 같은 두뇌 영상을 추출하였다.

뇌실 영역의 추출

뇌실의 위치는 두뇌의 내부 중 중심 근처이라는 그림 1의 지식기반 규칙을 바탕으로 검출 영역을 영상 전체의 영역에서 두뇌의 중심 근처로 초점을 이동 (focus relaxation)하여 뇌실을 추출하면 거짓-참 (false true, FT)를 줄이고 속도를 증가

표 3. 영상간 각 시기별 뇌경색 부위에 대한 gray value 차의 평균 및 표준편차
Table 3. Mean and standard deviation obtained by manually of gray value differnce between three types of MRI in region of fall in sick times of the cerebral infarction

	초급성	급성	아급성
EPI - FLAIR	201.5 (8.0)	114.0 (8.5)	70.7 (6.7)
EPI - T2	199.5 (8.5)	108.3 (8.9)	65.7 (7.6)
FLAIR - T2	3.6 (2.4)	6.1 (5.9)	6.5 (5.9)

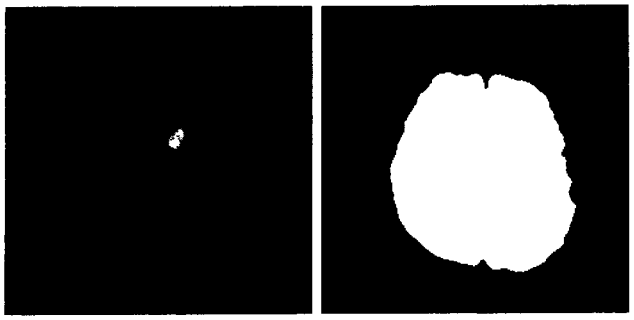


그림 13. 원래의 EP 영상그림 14. 뇌의 EPI 위치정보
Fig. 13. Original echo planar image(EPI).Fig. 14. Spatial information of brain in EPI

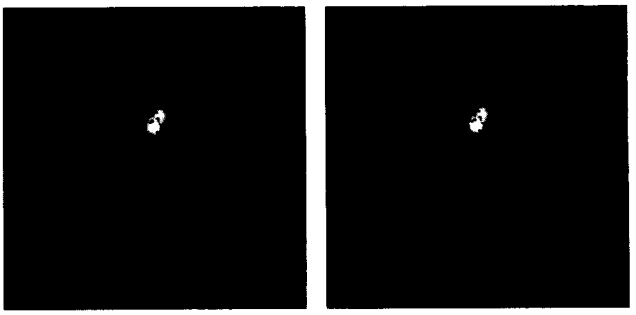


그림 15. Mesh-warping 후의 결과
그림 16. Affine transform 후의 결과
Fig. 15. Result of mesh-warping
Fig. 16. Result of affine transform

시킬 수 있다. 그리고 뇌실은 T2 영상에서 가장 잘 나타나므로 T2 영상에 문턱치을 적용하여 일차적으로 뇌실을 검출하였다. 그리고 다시 초점 이동하여 FLAIR와 T2 영상의 차이 영상과 T2 영상에 대해 공통적으로 문턱치와 영역 확장을 수행하여 공통적으로 나타나는 부분을 뇌실 영역으로 추출하여 위치 정보를 알아내었다.

고 찰

EPI와 T2 및 FLAIR 영상 사이의 영상 정합

일반적으로 EPI는 고속으로 촬영되는 그림 13과 같은 영상으로서 뇌경색의 진단에는 가장 유용한 영상이다(4). 그러나 해부학적인 정보가 잘 나타나지 않고 잡음이 많은 단점을 지니고 있다. 그러므로 EPI의 전체적인 형태를 검출함에 있어 잡음에 대한 민감도를 제거하기 위해 Laplacian of Gaussian (LoG)을 수행하여 에지를 검출하였다. 그리고 전체 영상의 히스토그램에서 극소점을 히스토그램의 1차 미분과 2차 미분을 이용하여 구한 후 이 값을 문턱치로 하여 2 가지 방법에서 공통적으로 나타나는 지점을 찾아낸 후 EPI의 두뇌 영역을 이진화하여 위치정보를 그림 14와 같이 구하였다.

T2와 FLAIR 영상에서 추출된 두뇌와 EPI를 상대 비교하기 위하여 영상 정합기법을 사용하였다. 영상의 정합에는 여러 가지 알고리즘이 사용되고 있으나, 본 연구에서는 mesh-warping 알고리즘과 affine transform을 적용하여 EPI와 T2 및 EPI와 FLAIR 영상간의 영상 정합을 수행하였다.

이들 기법 중 먼저 EPI와 T2 및 EPI와 FLAIR 간의 영상 정합을 위하여 각 영상의 위치정보를 이용하여 영상 워핑기법을 수행하였다. 압샘플링 (upsampling)의 결과로 픽셀보간 (pixel interpolation) 과정이 요구되므로 본 연구에서는 Fan-t's 재샘플링 (resampling) 알고리즘을 수행하여 T2와 FLAIR 과의 영상 정합을 수행하였으며, 수행 결과는 그림 15와 같다. 또 다른 방법으로 EPI와 T2 및 EPI와 FLAIR 간의 영상 정합을 위하여 affine transform을 사용하였다. Affine transform이란 축소 확대, 회전, 이동과 그들의 조합을 포함한다. Mesh-warping은 가로와 세로 모든 라인에 대하여 warping 작업을 수행하므로 작업시간이 많이 소요된다. 만약 정합 하려는 영상의 형태가 차이가 날 경우 가로 세로의 변화가 일어날 수 있어 효과적이라 할 수 있다. 그러나 본 연구에 사용된 영상은 단지 중심점과 크기가 다를 뿐 가로 세로의 길이의 비는 같으므로 affine transform을 수행하였으며, 수행 결과는 그림 16과 같다. 그리고 재샘플링은 속도와 정확도를 고려하여 bilinear interpolation을 사용하였다. Affine transform과 mesh-warping의 결과는 거의 차이가 발생하지 않았다.

EPI와 T2 및 FLAIR 사이의 정량화

초급성, 급성, 아급성에서의 뇌경색 영역은 표 1에서와 같이 EPI에서 가장 효율적으로 진단되는 성질을 이용하여 뇌경색 부위를 정합된 EPI의 히스토그램에서 gray value 110~140까지의 기울어진 정도가 가장 급한 값을 임계치로 설정하여 뇌경색 부위만을 검출하였다. 검출된 부위를 T2 , FLAIR와 비교하여 정량화 과정을 수행하였다. 본 연구에서 제안된 방법으로 각 시기별로 각 영상간의 gray value의 차이의 평균과 표준편차를 구한 결과 표 4와 같이 관측되었다.

본 연구에서 제안한 방법으로 획득된 자료(표 4)를 바탕으로 초급성, 급성, 아급성 간의 임계치를 설정하여 뇌경색의 시기를 구분하였다. T2와 FLAIR 영상 사이에서는 영상의 차이

표 4. 제안된 방법으로 획득된 영상간 각 시기별 뇌경색 부위 gray value 차의 평균 및 표준편차
Table 4. Obtained mean and standard deviation of gray value difference between three types of MRI in region of fall in sick times of the cerabral infarction using proposed algorothm

	초급성	급성	아급성
EPI-FLAIR	199.8 (7.5)	115.3 (8.0)	70.9 (5.8)
EPI-T2	197.7 (6.9)	110.2 (5.4)	67.8 (7.2)
FLAIR-T2	5.9 (4.4)	7.8 (6.2)	5.8 (4.3)

표 5. 제안된 방법으로 판명된 결과와 전문의의 판단과의 비교
Table 5. Comparsion of result proposed apgorithm to doctor's diagnosis

	초급성기	급성기	아급성기
EPI-FLAIR	100% (12/12)	88% (29/33)	83% (25/30)
EPI- T2	92% (11/12)	82% (27/33)	73% (22/30)

가 시기별로 구분되지 않았다. 그러나 EPI와 T2 및 EPI와 FLAIR 영상 간에는 시기별로 구분이 확연하게 되었다. 따라서 EPI와 T2 및 EPI와 FLAIR 영상간의 gray value의 차이를 시기별로 색을 달리하여 pseudo-color로 나타내었다.

상기에서 언급한 방법으로 수행된 결과는 그림 17과 같으며 세 가지 형태의 영상만 입력하면 뇌경색의 시기가 판별되도록 하였다. 각 시기별 세 가지 영상을 한 조로 설정하여 뇌경색 시기를 분석하여 전문의의 판단과 실험결과를 비교한 결과는 표 5와 같다. 그리고 본 연구에서 산출된 뇌경색 시기별 EPI와 T2, EPI와 FLAIR 간의 gray value 차이 값과 수 작업으로 산출된 값이 그림 18과 그림 19에서와 같이 차이가 없음을 알 수 있었다.

결 론

본 연구에서는 세 가지 촬영기법으로 촬영된 뇌경색 환자의 MR 영상에 대해 뇌경색 시기별 각 영상간의 신호강도 차이를 이용하여 초급성, 급성, 아급성기를 정량적으로 판별할 수 있는 방법을 제안하였다. 그리고 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 부산대학교병원에 내원한 뇌경색 환자의 MR 영상을 획득하여 실험하였다. 제안된 방법으로 얻어진 데이터를 바탕으로 구분된 뇌경색 시기 판단의 결과를 전문의의 판단과 비교한 결과 만족할 만한 결과를 얻었다. 따라서 현재까지 전문의의 주관적인 판단으로 구별되던 뇌경색의 시기판단에 도움이 되는 객관적인 정량화 된 자료를 제시 할 수 있었다. 시기별로 정량화 된 값을 뇌경색 시기 구분의 기준으로 설정하여 뇌경색의 시기구분을 수행한 결과 전문의의 판단과 80%이상의 확

그림 17. 정량화한 값을 바탕으로 뇌경색의 시기 구분
Fig. 17. Determination of fall in sick time of the cerebral infarction according to quantified data

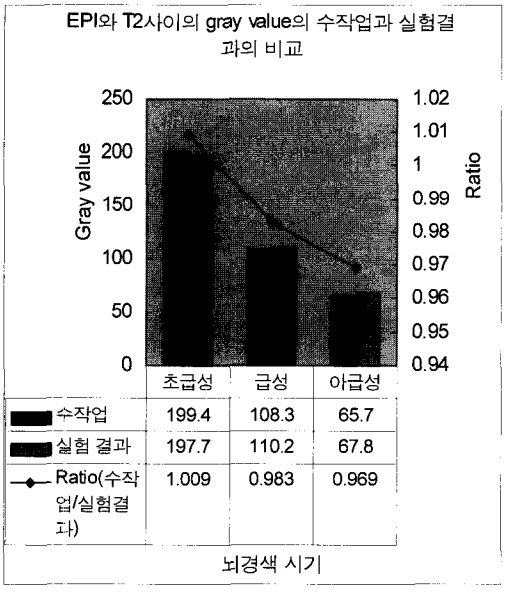


그림 18. EPI와 T2사이의 gray value 차의 실험결과 비교
Fig. 18. Comparison of result manually to experimental gray values difference in EPI and T2 images

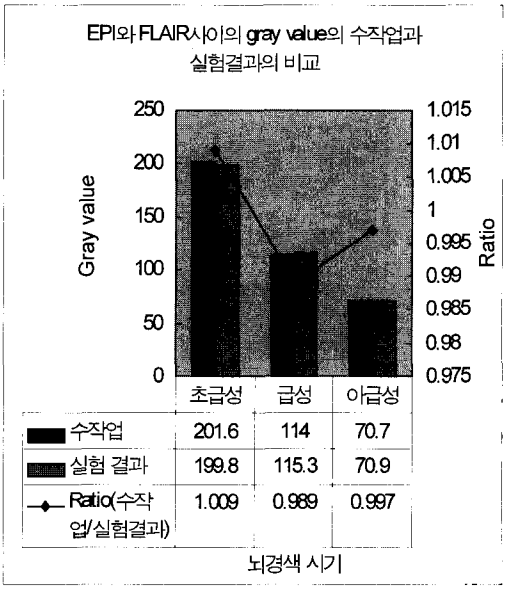


그림 19. EPI와 FLAIR사이의 gray value 차의 실험결과 비교
Fig 19. Comparison of result manually to experimental gray values difference in EPI and FLAIR images

률로 일치함을 확인하였다. 실험 결과 FLAIR와 T2에서 관찰하기 어려운 정확한 뇌경색 부위와 EPI에서 관찰하기 어려운 정확한 해부학적인 위치를 두 영상의 정합에 의해 각 영상의 단점을 보완하여 뇌경색의 형태구조학적인 특징을 쉽게 판별할 수 있었고, 이를 이용하여 뇌경색 부위의 정확한 검출과 단계별 시기도 구분할 수 있었다. 그러나 급성기와 아급성 사이의 구분이 잘 되지 않았으며, 초급성기에 비하여 급성기와 아급성기의 gray value는 변별도가 낮으므로 오차가 발생하였고, 뇌경색이 뇌척수액 근처에 발생할 경우의 오차로 인하여 T2와의 관계에서 정확도가 낮음을 알 수 있었다. 본 연구를 통하여 지금까지 전문의의 주관적인 판단으로 구분되던 뇌경색의 시기 구분에 활용될 수 있는 객관적으로 정량화된 자료를 제시 할 수 있었다. 향후 뇌경색 시기 구분의 다양한 파라미터를 첨가한다면 뇌경색 진단 보조시스템의 개발에 적용 가능하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. R. Bajcsy *"Multiresolution elastic matching"*, Computer vision Graphics Image processing, vol. 46, pp. 1-21, 1989
2. E.A. Ashton, *"Segmentation and features extraction techniques, with applications to biomedical images."*, Magnetic Resonance in Medicine, vol. 33, No.5, pp. 670-677, 1995
3. Leiguang Gong, *"Composition of image analysis processes through object-centered hierarchical planning."* IEEE Trans. on pattern analysis and machine intelligence, vol.17, No. 10, pp. 997-1009, 1995
4. G. Subsol, J. P Thirion, *"First steps towards automatic building of anatomical atlases"*. INRIA, Tech. Rep. 2216, 1994
5. A. Socrensen., *"Hyperacute stroke: Evaluation with combined multisection diffusion-weighted and hemodynamically weighted echo-planar MR imaging."*, Radiology., vol. 199., pp. 391-401., 1996
6. H.E. Burdick. *"Polynomial warp."*, Digital Imaging, McGraw-Hill Compony. pp. 145-152