

MRI 확산강조 뇌영상의 유사대칭성을 이용한 병변검출에 관한 연구

*김성후, *이한욱, **이주원, ***정원근, ****강익태, *이건기

A Study on Pathological Pattern Detection using the quasi-Bisymmetry of MRI DWI Brain Image

*S. H. Kim, *H. W. Lee, **J. W. Lee, ***W. G. Jeong, and *G. K. Lee

요 약

한국인의 사망원인 중 단일 질환으로는 가장 높은 뇌졸중의 진단을 위한 뇌 자기공명 확산강조영상을 유사대칭성을 이용하여 병변검출을 위한 실험을 하였다. 영상의 개선을 위해 영상을 회전 변환하여 보정하는 방법인 양선형 보간법을 이용하였다. 병변 검출을 위해서는 단순하고 주관적인 방법이 아닌 유사대칭성을 이용하여 좌 우측 뇌 영상의 차분 방법을 이용하여 병변영역을 검출 하였다.

ABSTRACT

Stroke patients are the most in the cause of death among Koreans. Therefore, an accurate diagnosis of stroke is very important. But, it is the only way to diagnose strokes that the doctors see the MRI image and detect the pathological pattern. In this paper, we proposed the new method to detect the pathological pattern of a suspected stroke. We used the quasi-bisymmetry of the MRI brain image in our new method. we detected pathological pattern applied the proposed method, and show the result.

Key Word

MRI, brain image, quasi bisymmetry, pathological pattern, DWI

1. 서 론

의학과 과학기술의 발전에도 불구하고 전 세계적으로 뇌혈관 질환은 매년 증가

하고 있는 것으로 보고되고 있으며, 이 중 약 25%는 사망하거나 평생장애를 안고 살아가고 있다.

1990년대부터 2008년까지 한국인의 사

* 국립경상대학교 공과대학 전자공학과(gklee@gsnu.ac.kr)

** 안동과학대학 의료공학과,

*** 경남도립남해대학 로봇항공전자과,

**** 연암공업대학 컴퓨터공학과

#논문번호 : KIIECT2009-04-08

#접수일자 : 2009.10.19

#최종논문접수일자 : 2009.11.23

망원인 분석에 의하면 암 다음으로 흔한 사망원인이 뇌혈관질환인 뇌졸중임을 알 수 있다[1]. 그러나 암은 여러 장기의 암을 모두 합친 것이어서 뇌졸중은 단일 질환으로는 가장 높은 사망 원인이라 할 수 있다.

통계청 자료에 의하면 우리나라 성인 사망률이 가장 높은 것이 뇌졸중이다. 매년 10만 여명의 환자가 발생하며 그 중 20~30%가 사망하는 것으로 나타났다 [1]. 뇌졸중의 발생은 사망을 면한다 하더라도 대부분이 치매나 반신불수의 후유증을 남기게 된다.

뇌졸중은 주로 노인성 질환으로 알려져 있으나 서구화되어가는 식생활, 과중한 스트레스, 술과 담배 등 다양한 원인에 의해 젊은층에서 청장년층에 이르기까지 누구도 안심할 수 없을 만큼 발생률이 증가하고 있다. 특히 밤과 낮의 기온차가 큰 늦가을에서 겨울에 뇌졸중의 발생 빈도가 높은 것으로 알려져 있다. 통계에 의하면 뇌졸중은 11~1월 사이에 절반 이상이 발생한다고 한다.

인체의 모든 조직과 장기는 혈액순환을 통해 산소와 영양을 공급받고 노폐물을 배출한다. 이를 통해 정상적인 기능과 활동을 유지한다. 보통 사람의 뇌 무게는 1,300~1,500g으로 전체 체중의 약 2%에 해당하지만, 체내 혈액의 20% 정도가 항상 뇌에 공급될 정도로 중요한 기관이다. 그런데 산소와 영양을 공급해주는 뇌혈관이 막히면 주변 뇌 조직이 손상되고 갑작스런 신경마비 증상이 발생한다. 이것이 뇌졸중이다.

뇌졸중으로 인해 뇌신경에 변성이 오면

어떤 치료(침술, 약물치료, 물리치료 등)로도 완전회복은 불가능하며, 이로 인해 심각한 후유증이 남게 되어 환자와 가족은 물론이고 사회적, 경제적 손실이 매우 크다. 이러한 뇌졸중은 발병 시기에 따라 진단 및 치료의 범위가 달라지므로 올바르게 효율적인 치료를 위해서 정확하고 신속한 진단과 전문적인 치료가 필수적으로 요구된다.

하지만 뇌졸중의 진단을 위해 주로 이용되는 자기공명영상 중 에코평면영상(Echo Planner Image : EPI)기법인 확산강조영상(Diffusion Weighted Image : DWI)은 육안으로 상대 비교하여 의사의 주관적인 판단에 의해 진단되고 있다 [2][3][4][5][6]. 따라서 뇌졸중의 특징을 정량적으로 표현하여 객관적으로 판단하는데 필요한 영상을 제공하는 시스템이 필요하다. 기존의 연구자들에 의해 수행되어진 연구의 내용은 주로 CT, MR영상의 비교, 통상적인 MR영상과 확산강조영상 등의 한적으까지 기법으로 획득한 영상의 신호강도(Signal Intensity :SI)를 이용하여 뇌졸중의 특징을 기술하였다 [7][8][9]. 이는 주로 의학적인 관점에서만 본 것이었고 공학적인 관점은 거의 고려되지 않았다. 이에 본 논문에서는 영상처리 기법과 MR 뇌영상의 유사 대칭성을 이용하여 획득된 MR영상의 병변을 검출하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 본 론

자기공명영상은 자장 내에 검사하고자 하는 인체의 부위에 들어가 있는 인체 내의 수소 원자핵과 고주파(Radio Frequency, RF)의 상호작용에 의해 에너지 형태의 RF 신호를 방출하게 되는데 이것을 안테나(antenna)와 같은 고주파 수신 코일(RF receive coil)로 수집하여 고속 푸리에 변환(fast fourier transform)을 통해 영상화한다.

인체 내의 각 조직이 가지는 고유한 물리적 환경(매체의 구조, 점도, 온도 등)에 의하여 서로 다른 물의 확산계수를 가지며 이런 확산계수를 영상화한 것이 확산강조영상이다.

확산강조영상은 뇌졸중(뇌경색, 뇌종양 및 뇌백질 질환 등)의 진단에 이용되고 있다. 이 중에서도 발병 5-6시간이내의 급성 뇌경색은 확산강조영상의 가장 중요한 적응증이다. 혈류가 차단된 뇌 조직은 수분내 확산계수가 감소하며 일반적인 MR영상에서 병변이 나타나기 훨씬 전 조기에 진단이 가능하다.

하지만 뇌졸중의 진단을 위한 확산강조영상은 육안으로 상대 비교하여 뇌신경 전문의사의 주관적인 판단에 의해 진단되어 지고 있다. 따라서 뇌졸중의 특징을 정량적으로 표현하여 뇌신경 전문의사의 진단을 기다리는 동안 수련 의사들의 초기 진단을 위한 정보를 제공하고, 이를 근거로 뇌신경 전문의사의 객관적인 판단에 필요한 영상을 제공하는 공학적인 관점에서의 병변 검출을 위한 시스템이 필요하다.

입력된 뇌영상은 일반적으로 전체 영상의 중앙에 위치하고, 각도도 수직을 유지하나 촬영시 환자의 자세에 따라 약간의 기울기가 존재한다. 이를 보정하기 위하여 영상을 회전 변환하였다. 회전 변환은 아래와 같이 Sine함수와 Cosine함수를 시 환자의좌표를 변환한다. 이때, 정확히 정수의좌표로 매핑되지 않을 경우 보간법으로 에 하여 영상의 품질 저하를 보상해 준다. 전체 영상의 양선형 보간법(Bilinear Interpolation)을 시 환자 보정하였다.

$$x_2 = \cos\theta \times (x_1 - x_0) - \sin\theta \times (y_1 - y_0) + x_0 \quad (1)$$

$$y_2 = \sin\theta \times (x_1 - x_0) - \cos\theta \times (y_1 - y_0) + y_0 \quad (2)$$

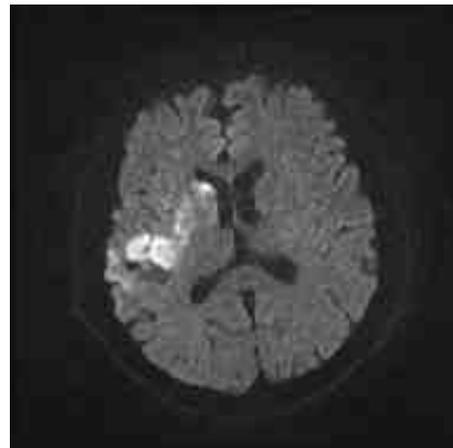


그림 1. 기울어진 MRI 뇌영상
Fig 1. Tilted MRI Brain image

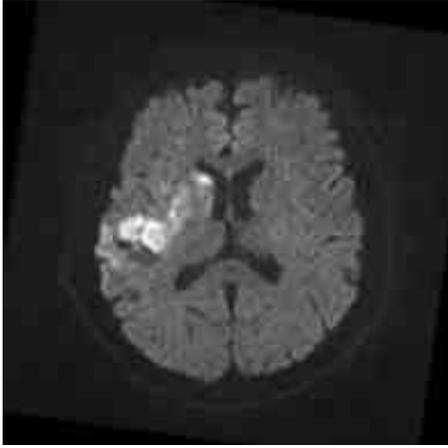


그림 2. 보정된 MRI 뇌영상
Fig 2. Corrected MRI Brain image

여기서, x_2, y_2 는 변환 좌표, x_1, y_1 은 원 좌표, x_0, y_0 는 회전의 중심을 의미한다.

그림 1은 좌측으로 8기울어진 MRI 뇌영상을 나타낸 그림이고, 그림 2는 양선형 보간법을 이용하여 보정한 후, 원 영상의 크기와 같은 크기로 조정된 결과이다.

MRI 뇌영상 중 확산강조영상은 많은 병변 중 뇌졸중 병변의 검출을 위해 주로 사용되고 있다. 확산강조영상의 뇌졸중 병변은 전체 영상에서 가장 밝은 색으로 나타난다. 이러한 뇌졸중 병변을 검출하기 위하여 본 논문에서는 MRI 뇌영상의 유사 대칭성을 이용하였다. 유사 대칭성을 띠는 MRI 뇌영상을 전체 영상 크기의 $\frac{1}{2}$ 지점인 $X/2$ 의 위치에서 양분하여 식 (3)과 같이 $RBrain$ 과 $LBrain$ 으로 나눌 수 있다.

$$\begin{aligned} Brain(x,y) & \\ &= \begin{cases} RBrain(x,y), & \text{if } x > X/2 \\ LBrain(x,y), & \text{if } x < X/2 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

$$RBrain(x,y) = RBrain\left(\left(\frac{X}{2} - x\right), y\right) \quad (4)$$

양분된 영상 중 한쪽 면의 영상을 식 (4)와 같이 x 축의 역방향으로 전환한다. 식(4)에 의해 전환된 우측 뇌영상은 좌측 뇌영상의 병변 영역을 제외한 나머지 부분과 대부분 일치하게 된다.

그림 1의 영상과 같이 좌측 영역에 병변이 있는 영상을 적용할 경우, 식(5)와 같이 좌측 뇌영상과 우측 뇌영상의 차분을 통해 병변이 존재하는 영역을 강조할 수 있다.

$$\begin{aligned} OutLBrain(x,y) & \\ &= LBrain(x,y) - RBrain(x,y) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} OutRBrain(x,y) & \\ &= RBrain(x,y) - LBrain(x,y) \end{aligned} \quad (6)$$

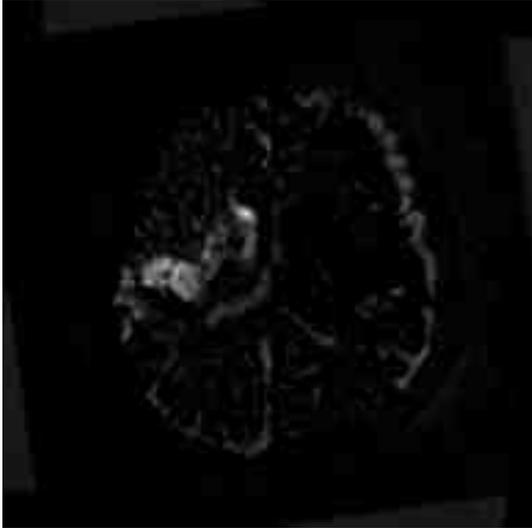


그림 3. 우측 뇌영상과 좌측 뇌영상의 차분에 의한 병변 강조 영상

Fig 3. Emphasize the pathological pattern of the brain image by the difference between the right and left brain image

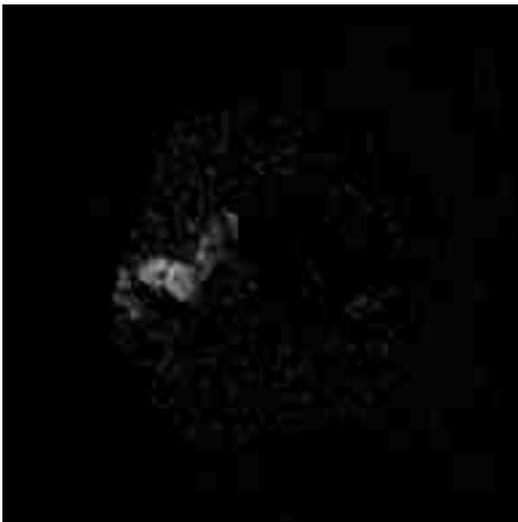


그림 4. 잡음 제거된 병변 강조 영상
Fig 4. Noise removed the pathological pattern image

병변이 존재하는 영역은 전체 영상 중에서 가장 밝은 부분이므로 식 (6)과 같이 우측 뇌영상에서 좌측 뇌영상을 차분할 경우 음의 픽셀이 발생하게 되어 병변이 있는 영역이 우측 영상이라는 것을 확인할 수 있다. 식(6)에 의해 얻은 영상을 식(4)에 의해 x 축의 역방향으로 전환시킨 뒤, 왼쪽 뇌 영상과 연결하면, 그림 3과 같은 영상을 얻을 수 있다.

그림 3의 영상에서 뇌 왼쪽 병변의 강조 부분은 구별이 가능하나, 좌우 뇌가 완전한 대칭이 아니기 때문에 발생하는 뇌 표면 부위에 발생한 잡음으로 인해 병변과의 구별이 어렵다. 이러한 잡음 제거를 위해 일정한 값을 가지는 뇌 영역의 평균값을 구하여 그 이하가 되는 픽셀의 값을 0으로 함으로써 대부분의 뇌 영역을 유지한 채 잡음의 발생 원인이었던 뇌 피질 부분을 좌우뇌가 대칭에 가깝게 조정하였다. 잡음 제거된 영상을 그림 4에 나타내었다. 그림 2의 원영상과 비교하면 병변 부분만 강조된 것을 확인할 수 있다.

III. 실험 및 결과

본 연구를 위해 2009년 9월 1일부터 9월 30일까지 뇌 신경학적 증상을 주소로 진주의 모 대학병원에 내원한 환자 중 증상발현 시기가 확실하고 신경학적 검사 상 병소와 환자의 증상이 밀접한 관계가 있어 자기공명영상장치로 검사를 시행한 환자 중 확산강조영상을 획득한

환자의 영상을 대상으로 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하였다. 본 논문에서 사용한 MRI 영상은 Siemens사의 Avanto 장비로부터 획득한 영상이다. 획득한 영상을 Mathworks사의 Matlab으로 시뮬레이션 하였고, 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림 5의 뇌영역 평균 픽셀값은 각각 (a)가 86.4이고, (b)가 87.4, 그리고 (c)가 85.9였다. (a)와 (b)는 우뇌의 병변을 강조하였으며, (c)는 좌뇌에 넓게 분포하는 병변을 강조하였다.

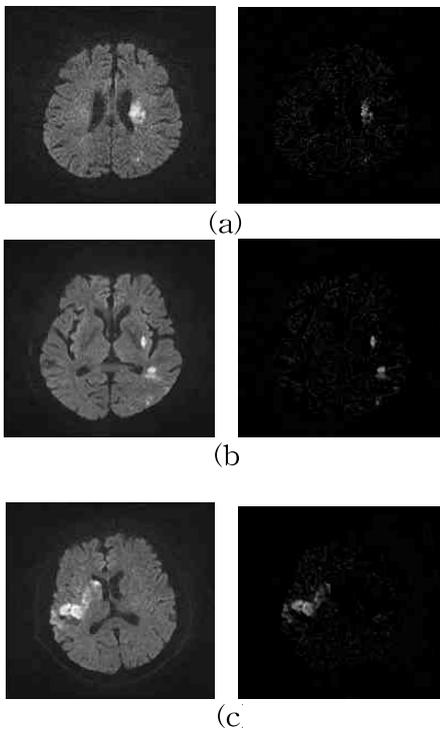


그림 5. 원 영상과 결과 영상
Fig 5. Original images and result images

IV. 결 론

뇌졸중으로 인한 환자의 예후와 뇌 신경학적 후유증 개선을 위해 조기에 적극적인 치료를 시도하는 것이 우선되어야 하겠으나, 이에 앞서 정확한 진단이 필수조건이 되며, 이 시기에 병변의 유무와 정도를 판별해 내는 것이 매우 중요하다. 하지만 뇌신경 전문의사가 아닌 일반인이나 수련의들에게 진단을 위한 영상의 판독이 결코 쉬운 일이 아니며, 또한 증상의 중요성 등으로 인한 신속한 판단을 내려 처치를 하기란 더욱 힘든 일이다. 따라서 획득된 확산강조영상을 타 영상과 비교 관찰하여 증세 발생시기에 따른 병력을 토대로 의사의 주관적인 지식과 판단에 의해 진단 내려지던 것을 다양한 공학적인 개념을 적용하여 정량적이고 객관적인 판단이 가능하도록 하는 것이 본 논문의 목적이다. 이에 뇌졸중이 의심되어 검사한 MR 뇌 확산강조 영상을 유사대칭성을 이용하여 영상처리한 다음, 원영상과 비교하여 병변 부분만 밝게 강조한 영상을 획득함으로써, 전문가의 진단에 도움이 될 것이라 사료된다.

본 연구를 통하여 뇌신경 전문의사의 판독소견에 대한 좀 더 객관적인 자료를 제시할 수 있을 것이며, 이를 기본으로 다양한 파라미터를 첨가한 알고리즘 연구를 통해 뇌졸중 진단 보조시스템의 개발에 관한 연구를 진행하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 통계청, 한국인 사망원인별 사망률
- [2] 성윤창 외 3인, 부분체적에 의해 변진 명암 값으로 표현된 뇌의 자기공명영상에 대한 영역분할 및 체적계산, 한국통신학회논문지, '00-7 Vol.25, No.7A, p.1006-1016, 2000
- [3] 김신흥, 뇌 영상처리를 위한 백질과 회백질의 추출 및 체적 산출에 관한 연구, 대한전자공학회 논문지, 제43권 IE편 제4호, p.233-238, 2006
- [4] M. A. Foster, Magnetic Resonance in Medicine and Biological, Pergamon Press, NewYork, 1984
- [5] Y. C. Sung, et al, Partial volume effects on Segmentation of White Matter from the Brain, Proceeding of the 4th Asia-Pacific Conference on Medical and Biological Engineering, p.210-212, 1999
- [6] A. Brun and L. Gustafson, Distribution of cerebral degeneration in Alzheimer's disease, Arch. Psychiatry 223, p.205-242, 1970
- [7] 박병래 외 4인, 뇌경색 시기별 MR 영상의 정량적 분석, 대한방사선기술학회지, Vol.23, No.1, p.39-47, 2000
- [8] A. Sorensen, Hyperacute stroke: Evaluation with combined multisection diffusion-weighted and hemo-dynamically weighted echo-planar MR Imaging, Radiology, 199, p291-401, 1996
- [9] A. G. Osborn, Diffusion MR Imaging clinical applicastion, AJR, 159, p.591-599, 1992

저자약력

김성후(Kim Seonghoo)



1999년 방송통신대학
농학과 농학사
2001년 진주산업대학교
컴퓨터공학과
공학석사
현재 경상대학교
전자공학과
박사과정

<관심분야>의료영상처리, BCI

이한욱(Lee Hanwook)



1999년 경상대학교
전자공학과 공학사
2001년 경상대학교
전자공학과
공학석사
2009년 경상대학교
전자공학과
공학박사

<관심분야> 생체신호처리, HCI

이주원(Lee Juwon)



1997년 진주산업대학교
전자공학과 공학사
1999년 한국해양대학교
전자통신공학과
공학석사
2003년 경상대학교
전자공학과 공학박사
현재 안동과학대학
의료공학과 교수

<관심분야> 생체신호처리, 영상신호처리,
HCI

정원근(Jeong Wongeun)



1997년 진주산업대학교
전자공학과 공학사
2000년 경상대학교 전자공학과
공학석사
2004년 경상대학교 전자공학과
공학박사
현재 경남도립남해대학 로봇
항공전자과 교수

<관심분야> 신호처리, 시스템

강익태(Kang Iktae)



1981년 경북대학교 전자공학과
공학사
1983년 경북대학교 전자공학과
공학석사
1994년 경상대학교 전자공학과
공학박사
현재 연암공업대학
컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 신호처리, 컴퓨터 응용

이건기(Lee Gunki)



1978년 연세대학교
전기공학과 공학사
1980년 연세대학교
전기공학과 공학석사
1990년 연세대학교
의용공학과 공학박사
현재 경상대학교
전자공학과 교수

<관심분야> 신호처리, 의용전자