

# 형태학적 연산과 뇌종양 평균 크기를 이용한 감마나이프 치료 범위 자동 검출 알고리즘

나승대<sup>†</sup>, 이기현<sup>\*\*</sup>, 김명남<sup>\*\*\*</sup>

## Automatic Detection Algorithm of Radiation Surgery Area using Morphological Operation and Average of Brain Tumor Size

S.D. Na<sup>†</sup>, G.H. Lee<sup>\*\*</sup>, M.N. Kim<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we proposed automatic extraction of brain tumor using morphological operation and statistical tumors size in MR images. Neurosurgery have used gamma-knife therapy by MR images. However, the gamma-knife plan systems needs the brain tumor regions, because gamma-ray should intensively radiate to the brain tumor except for normal cells. Therefore, gamma-knife plan systems spend too much time on designating the tumor regions. In order to reduce the time of designation of tumors, we progress the automatical extraction of tumors using proposed method. The proposed method consist of two steps. First, the information of skull at MRI slices remove using statistical tumors size. Second, the ROI is extracted by tumor feature and average of tumors size. The detection of tumor is progressed using proposed and threshold method. Moreover, in order to compare the effeminacy of proposed method, we compared snap-shot and results of proposed method.

**Key words:** MRI, Detection, Meningioma, Tumor

### 1. 서 론

최근 의료기술의 발전으로 인체의 암에 대한 치료 방법으로 비침습적인 치료방법이 늘어나고 있다. 이전까지의 종양의 가장 이상적인 치료방법으로는 종양의 병변 부위의 절제를 통한 근치적 절제술 이였으나, 거대 전이 종양이나 수술 부위의 흉터등으로 인하여 최근에는 선행 화학요법이나 방사선 치료등을

이용하여 종양의 크기를 줄이는 비침습적인 치료방법들이 선호되고 있다[1]. 인체의 종양에 대한 비침습적인 방사선 치료방법으로는 X-선을 이용한 Cyber-knife, VERO, Rapidarc, Truebeam등과  $\Gamma$ -선을 이용한 감마나이프(Gamma-knife)등이 있다[2-4]. X-선을 이용한 장비들은 원하는 병변 부위에 전방위와 다각도로 조사가 가능하며, 영상추적 시스템을 통하여 방사선을 효율적으로 조절할 수 있는 장점이 있

\* Corresponding Author : Myoung Nam Kim, Address: (700-842) Gukchaebosang-ro 680, Jung-gu, Daegu, Korea, TEL : +82-53-200-5266, FAX : +82-53-200-5264, E-mail : kimmn@knu.ac.kr

Receipt date : Aug. 10, 2015, Approval date : Aug. 24, 2015

<sup>†</sup> Dept. of Medical & Biological Eng., Graduate School, Kyungpook National University  
(E-mail : bluepoison14@gmail.com)

<sup>\*\*</sup> Dept. of Medical & Biological Eng., Graduate School, Kyungpook National University  
(E-mail : gihyounlee@gmail.com)

<sup>\*\*\*</sup> Dept. of Biomedical Eng., School of Medicine, Kyungpook National University

\* This research was financially supported by "creative convergence R&D program" through the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) (No. R0004162). And this work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. 2015R1A2A2A03006113).

다. 그러나 방사선 치료의 경우, 방사선으로 인하여 정상적인 조직과 세포까지 영향을 끼치게 되어 부작용을 초래하는 경우가 발생하게 되므로, 이러한 단점을 보완하고자 X-선 대신 조사 범위를 조절 가능한  $\Gamma$ -선을 이용한 감마나이프가 최근에는 주목받고 있다. 감마나이프에서 사용하는  $\Gamma$ -선은  $^{60}\text{Co}$ (Cobalt)을 사용하기 때문에, 코발트의 붕괴과정에 따른 방사선 커브곡선을 이용하여 정상조직에 조사되는 방사선의 범위를 조절할 수 있다. 이러한 장점을 이용하여 최근에는 인체의 머리와 같은 중요 병변 부위에는 X-선보다 집중도가 높은  $\Gamma$ -선을 이용한 감마나이프가 주로 사용되고 있다[5].

감마나이프를 이용한 치료를 위해서는 MRI (Magnetic Resonance Image)를 이용하여 환자의 환부에 대한 정보를 미리 획득하고, 획득된 정보를 감마나이프 플랜시스템에 입력하여 방사선을 조사할 범위를 지정하게 된다[6]. 이러한 과정에서 중요한 부분은 치료하게 될 종양의 범위를 지정하고 정상적인 부분과 신경의 위치를 지정하여 방사선이 원하는 병소에만 조사되도록 범위를 지정하는 부분이다[7]. 기존의 범위를 지정하는 방법은 신경외과 전문가가 수동적으로 환자의 MR영상에서 직접 플랜시스템을 이용하여 그리는 방식이 사용되고 있다. 이러한 방법은 병변이 존재하는 부위의 슬라이스를 하나씩 확인하고 정상 조직과 병변 부위의 범위를 지정하는 번거로움이 발생하게 되어 환자의 치료에 많은 시간을 소모하게 된다. 또한, 전문의 개개인의 주관적인 치료방법에 의하여 정상조직과 병변부위의 치료 범위가 다르게 지정되는 오류도 발생하게 된다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 수동적인 방법의 번거로움을 보완하고자 감마나이프 플랜시스템에 적용될 MR영상을 이용하여 뇌수막종(Meningioma)에 대한 자동검출을 시도하였다. 자동검출은 형태학적 연산을 이용하여 종양과 MR영상에서 포함되는 두개골의 뼈 영역을 분할하는 전처리 과정, 신경외과에서 치료한 뇌종양 환자들의 뇌종양 크기에 대한 통계학적 수치를 이용한 관심 영역(ROI, Region of Interesting)를 선정하는 방법과 이를 이용하여 문턱치값을 선정하는 방법을 제안하였다. MR영상에서 종양의 밝기는 획득되는 영상의 슬라이스 위치에 따라 두개골 및 안면에 존재하는 뼈와 유사하게 나타나게 된다. 이러한 유사한 밝기는 종양의 검출율을 저

하시키게 되므로 전처리과정을 통하여 제거하며, 종양 검출을 위한 ROI선정을 효과적으로 할 수 있다. 또한, 환자를 치료한 자료를 토대로 MR영상에 대한 종양의 ROI를 선정하였고, 선정한 ROI를 이용하여 문턱치방법을 통한 종양검출을 시도하였다. 검출된 결과는 신경외과에서 환자에게 적용한 치료 결과 스냅샷(Snap-shot)과 비교하여 상관관계, 픽셀의 개수와 중심점등을 이용하여 비교하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 뇌수막종 자동 검출의 흐름도

감마나이프 치료의 시간 단축을 위한 뇌수막종의 자동검출은 문턱치방법을 기반으로 MR에서 종양과 다른 조직 사이의 밝기의 차이를 이용하여 검출하였다. 기존의 문턱치방법은 영상의 전체 픽셀의 밝기 값에 대하여 히스토그램을 형성하고, 형성된 히스토그램을 이용하여 문턱치를 선정하여 이진화를 진행하게 된다. 그러나 뇌종양에 대한 MR영상에서는 병변 부위가 존재하는 인체의 머리 부분을 제외한 여백으로 인하여 문턱치의 값이 낮아지게 되며, 낮아진 문턱치로 인하여 종양의 정보가 두개골 및 안구 등의 다른 정보와 구분되지 않게 되므로 종양 검출의 검출율을 저하시키는 원인이 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 형태학적 기술품을 이용하여 머리의 MR영상에서 두개골의 윤곽선을 추출하고 불필요한 여백을 제외한 병변 부위의 정보를 이용하여 문턱치를 선정하였다. 또한, 감마나이프를 이용하여 뇌종양에 대한 치료를 진행한 결과의 통계적 수치를 이용하여 뇌종양에 대한 관심 영역을 추출하고, 추출한 관심 영역 안에서 뇌수막종에 대한 종양 검출을 실행하였다. Fig. 1은 제안한 방법을 이용한 뇌수막종에 대한 뇌종양 자동 검출의 흐름도를 보이고 있다.

### 2.2 전처리 과정

뇌종양 환자의 MR영상에서 문턱치를 이용하여 이진화를 진행하게 될 경우, 병변의 위치에 따라 두개골과 같은 뼈가 가지는 밝기와 종양의 밝기가 유사하게 되며, 이러한 유사성은 종양의 검출율을 저하시키는 단점이 된다. Fig. 2는 종양의 정보가 있는 MR영상의 슬라이스에서 두개골과 안구의 정보가 함께 나타나는 슬라이스를 오즈문턱치 방법을 이용하여

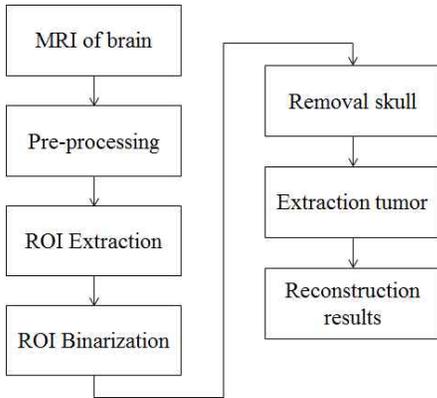


Fig. 1. Flow chart of proposed method.

이진화 시킨 결과를 보이고 있다. 그림과 같이 동일한 문턱치를 적용하게 될 경우, 두개골의 정보로 인하여 문턱치값이 적절하게 선정되지 못하여, 종양의 정보가 사라지는 것을 확인할 수 있다.

MR영상은 병변 부위에 대한 영상을 획득 할 때, 병변 부위를 제외한 여백의 불필요한 부분이 발생하게 되며, 이러한 여백과 두개골의 정보는 종양 검출의 정확도를 떨어트리게 된다. 이러한 정보들을 제거하기 위하여, 형태학적 기울기를 이용하여 불필요한 두개골 및 주의 여백부분의 정보를 제거하였다. 식 (1-3)은 MR영상에서 형태학적 기울기를 획득하는 과정을 보이고 있다[8,9].

$$G(f) = (f \oplus b) - (f \ominus b) \tag{1}$$

$$(f \oplus b)(x, y) = \max\{f(x - x', y - y') | (x', y') \in D_b\} \tag{2}$$

$$(f \ominus b)(x, y) = \min\{f(x + x', y + y') | (x', y') \in D_b\} \tag{3}$$

형태학적 연산을 이용하여 여백에서의 불필요한 정보들을 제거하고, 획득한 기울기의 내부를 3×3의 윈도우를 이용하여 픽셀내의 정보에 대한 평균값으로 치환하였다. Fig. 3은 식 (1-3)을 이용하여 획득한 형태학적 연산의 결과들을 보이고 있다.

### 2.3 뇌종양 병변 부위의 관심영역 선정

신경외과에서 감마나이프를 이용하여 종양의 치료에서 종양의 크기는 통계학적으로 3cm를 기준으로 정하고 있다. 이러한 종양의 평균적인 크기를 이용하여 뇌 병변 부위에 대한 관심영역을 선정하고, 선정된 관심영역을 이용하여 종양 검출을 시도하였다. 뇌종양 환자의 MR영상을 대상으로 종양에 대한 크기에 대하여 좌/우, 상/하의 픽셀의 개수를 측정하고, 측정된 픽셀을 토대로 뇌종양의 픽셀의 평균적인 크기를 이용하여 윈도우를 생성하였다. Fig. 4는 뇌종양의 MR영상에 대한 종양 크기를 산출하는 방식을 보이고 있다.

뇌종양의 MR영상에 대하여 좌/우, 상/하의 픽셀의 크기의 평균을 산출한 결과를 Table 1에서 보이고 있다. Table 1과 같이 다양한 종양의 MR영상에 대하여 평균적인 픽셀의 크기를 확인할 수 있으며, 이를 이용하여 전처리에서 획득한 기울기영상에 35×35크기의 형태학적 침식연산을 실행하였다.

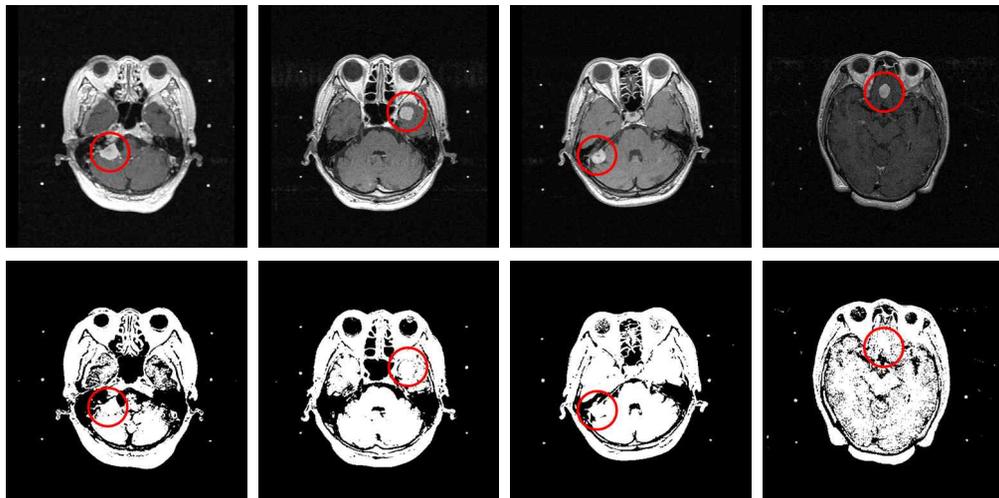


Fig. 2. Results of brain MR images using otsu's thresholding,

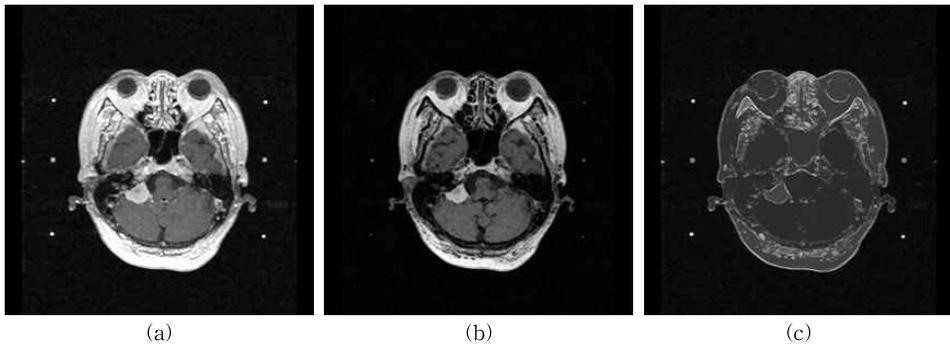


Fig. 3. Morphological gradient results, (a) dilation, (b) erode, (c) morphological gradient.

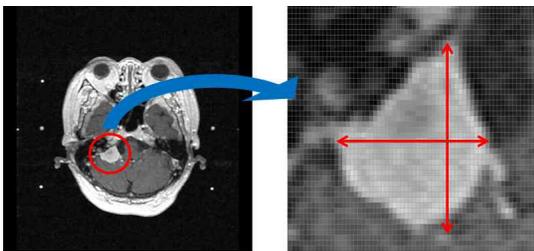


Fig. 4. Tumor's average size at gamma-knife therapy.

Table 1. Average of tumor's size

Images	Pixel of width	Pixel of high
1	44	39
2	33	31
3	33	30
4	35	34
5	39	33
6	32	31
7	31	34
8	32	31
9	28	33
Mean	35.29	33.14

전처리과정을 통하여 획득한 병변 부위에 대하여 형태학적 기술품을 이용하여 뇌 병변 부위의 관심영역을 획득하였다. 획득한 기술품 영상에 대하여 뇌 종양의 평균 픽셀 크기를 이용한 침식 결과를 Fig. 5에서 보이고 있다.

### 2.4 문턱치를 이용한 뇌종양 검출

뇌종양이 존재하는 MR영상의 슬라이스에서 전체 영상에 대하여 문턱치를 선정하게 되면, 종양의 정보

가 사라지는 문제점을 보완하기 위하여 관심영역을 선정하였다. 선정된 관심영역은 두개골과 안구 등과 같은 종양 검출에 방해되는 요인들이 제거된 부분이므로, 선정된 관심영역 안에서 문턱치를 이용하여 종양 검출을 시도하였다. 관심영역 안에서 Otsu와 종양의 밝기에 대한 수치를 이용하여 이진화를 실행하고, 획득한 영상에서 종양의 평균적인 크기를 이용하여 종양의 정보보다 큰 영상의 군집들을 크기 차이를 이용하여 제거하였다.

$$T = \sigma_b^2(t) + \alpha = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = w_1(t)w_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad (4)$$

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (5)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^k \max(m_i) / \sum_{i=1}^k \min(m_i) \quad (6)$$

식 (4)는 Otsu의 문턱치방법으로서,  $\sigma_b^2$ 는 히스토그램의 2개의 그룹 사이의 분산(between-class variance)을 나타내며,  $\sigma_w^2$ 는 그룹 내 분산(within-class variance)을 나타낸다.  $w$ 는 가중치로서, 전체영상에서 클래스에 해당하는 픽셀이 나타날 확률이다.  $\alpha$ 는 가중치로서, 관심영역 내의 히스토그램을 이용하여 획득하게 된다. Fig. 6은 MR영상에 대하여 제안한 방법을 이용한 종양의 검출 결과를 보이고 있다.

획득한 종양의 결과를 감마나이프 치료를 위하여  $\Gamma$ -선을 조사하기 위하여 감마나이프 플랜 시스템에 방사선을 조사하는 범위를 입력하게 된다. 이때, 입력하는 범위는  $\Gamma$ -선이 조사되는 범위를 고려하여 종양의 실제 크기와 다르게 범위를 지정하게 된다. 제안한 방법을 통하여 검출한 종양을 감마나이프플랜에서 지정하는 범위와 일치시키기 위하여,  $\Gamma$ -선의 방사선 조사 범위를 고려하여  $5 \times 5$ 의 구성요소를 이용

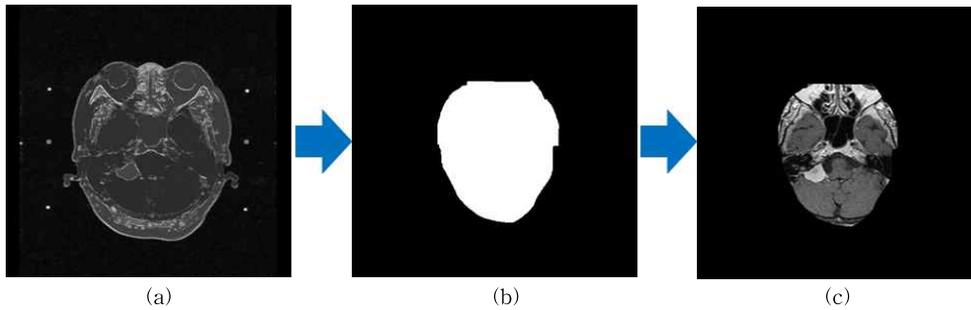


Fig. 5. Results of ROI, (a) morphological gradient image, (b) erosion result, (c) result of ROI.

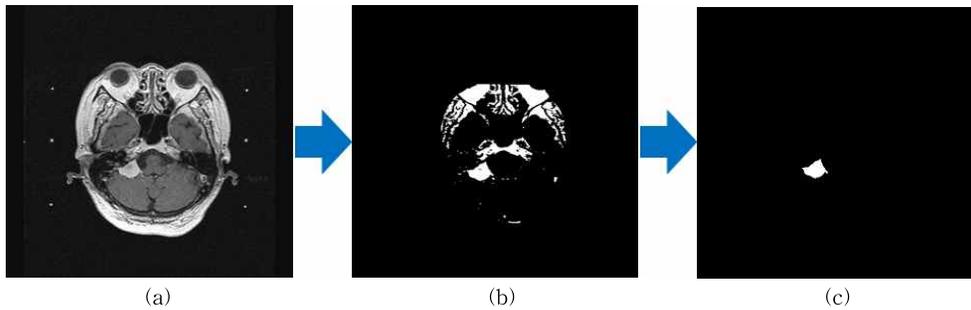


Fig. 6. Detection results of brain tumor, (a) original MR Image, (b) result of binarization in ROI, (c) detection of tumor.

하여 검출된 종양을 형태학적 연산으로 확장시켰다.

### 3. 실험 결과

제안한 방법의 효율성을 검증하기 위하여 뇌종양 환자의 MR영상에 대하여 실험을 진행하였다. 본 논문에서 제안한 방법에 대한 실험 결과를 Fig. 6에서 보이고 있다.

Fig. 7의 (b)와 (c)는 제안한 방법을 통하여 두개골이 포함된 뇌종양 환자의 슬라이스에서 효과적으로 종양부위가 검출되는 것을 확인할 수 있다. 제안한

방법의 성능을 검증하기 위하여 뇌종양 환자의 감마나이프 적용 결과인 스냅-샷(Snap-shot)을 이용하여 비교해보았다. 스냅-샷은 신경외과에서 뇌종양 환자를 대상으로 감마나이프 치료를 진행한 후, 경과 및 치료 결과를 확인하기 위하여 기록으로 남겨두는 영상이다. Fig. 8은 실제로 사용된 뇌종양 환자의 결과인 스냅-샷과 제안한 방법의 성능을 검증하기 위하여, 스냅-샷에서 수동으로 추출한 검출 부위와 제안한 방법의 검출 결과를 보이고 있다.

제안한 방법의 성능을 검증하기 위하여 스냅-샷을 이용하여  $\Gamma$ -선의 적용결과와 제안한 방법을 통하

Table 2. Results of proposed method

image	Result	Area	Centroid	Diameter	Correlation
1	Snap-shot	1030	222.29/309.70	36.21	0.9296
	Proposed method	990	220.78/309.34	35.50	
2	Snap-shot	805	312.69/230.23	32.01	0.9347
	Proposed method	743	313.04/229.98	30.75	
3	Snap-shot	772	189.61/319.2	31.35	0.9685
	Proposed method	750	189.88/319.35	30.9	
4	Snap-shot	859	237.58/268.24	33.07	0.8822
	Proposed method	671	237.58/269.64	29.22	

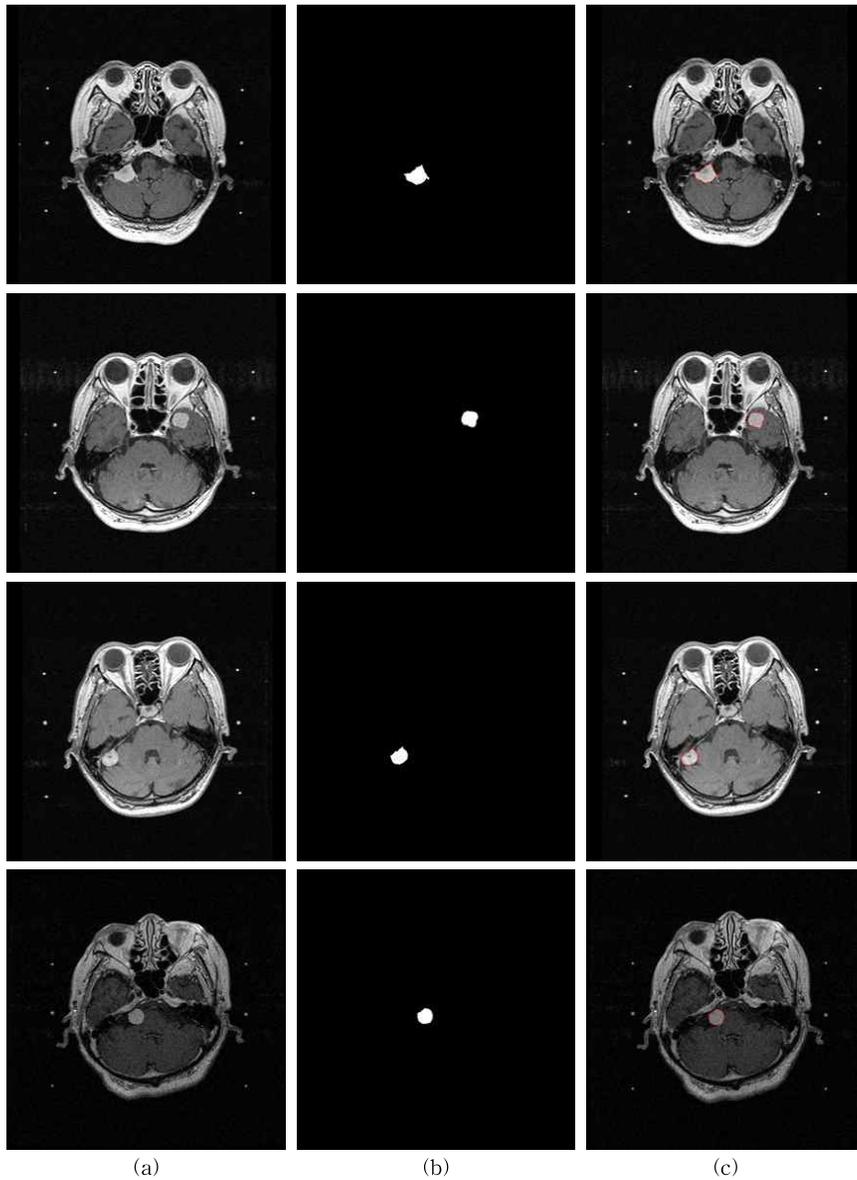


Fig. 7. Results of proposed method, (a) original MR images, (b) detection of tumors, (c) result of tumor detection.

여 추출한 범위를 비교한 결과를 Table 2에서 보이고 있다. 감마나이프를 이용한 치료가 진행된 환자의 정보를 이용하여 제안한 방법의 결과를 비교한 결과, 전체적인 검출 범위는 유사한 것을 상관관계를 통하여 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

신경외과에서 사용하는 감마나이프는 비침습적

인 방법으로 환자의 병변 부위를 치료할 수 있는 방법이다. 그러나 치료를 위하여 환자의 MR영상을 획득하고, 획득한 MR영상의 슬라이스에서  $\Gamma$ -선이 적용될 부분을 지정하는 과정까지 많은 시간이 소모되게 된다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고자 MR영상에서 치료 범위를 자동으로 검출하는 방법과 두개골, 안구와 같이 중앙 검출을 방해하는 부분을 제거하기 위하여 뇌종양의 크기에 대한 통계적 수치를 이용하여 불필요한 부분을 제거하는 방법을

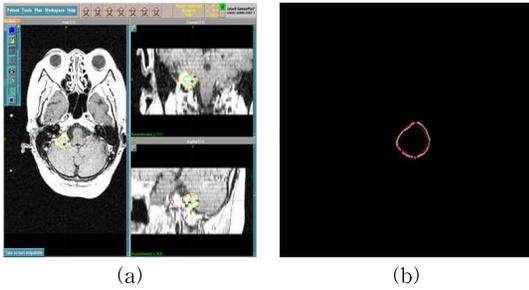


Fig. 8. Comparison method, (a) snap-shot, (b) comparison results.

제한하였다. 제한한 방법을 이용하여 뇌종양 환자에 대한 MR영상에서 병변 부위를 검출한 결과, 두개골이나 안구와 같이 종양 검출을 방해하는 요소가 있는 슬라이스에서도 효과적으로 종양을 검출하는 결과를 보였다. 따라서 본 논문의 결과를 이용하여 방사선 장비를 이용한 치료의 시간을 효율적으로 단축할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCE

[ 1 ] E.J. Choi, H.W. Ro, J.S. Cho, M.H. Park, J.H. Yoon, and Y.J. Jegal, "Gamma Knife Surgery for Brain Metastases from Breast Carcinoma," *Journal of the Korean Surgical Society*, Vol. 76, No. 2, pp. 81-85, 2009.

[ 2 ] S.D Chang, W. Main, D.P. Martin, I.C. Gibbs, and M. Peter, "An Analysis of the Accuracy of the CyberKnife: A Robotic Frameless Stereotactic Radiosurgical System," *Journal of Neurosurgery*, Vol. 52, No. 1, pp. 140-147, 2003.

[ 3 ] L. Cozzi, K.A. Dinshaw, S.K. Shrivastava, U. Mahantshetty, D.D. Deshpande, S.V. Jamema,

et. al., "A Treatment Planning Study Comparing Volumetric Arc Modulation with Rapid-Arc and Fixed Field IMRT for Cervix Uteri Radiotherapy," *Journal of Radiotherapy and Oncology*, Vol. 89, Issue 2, pp. 180-191, 2008.

[ 4 ] R.F. Young, "Gamma Knife Radiosurgery for Treatment of Trigeminal Neuralgia: Idiopathic and Tumor Related," *Journal of Neurology*, Vol. 48, Issue 3, pp. 608, 1997.

[ 5 ] J.J. Battermann, K. Breur, G.A.M. Hart, and H.A.V. Peperzeel, "Observations on Pulmonary Metastases in Patients after Single Doses and Multiple Fractions of Fast Neutrons and Cobalt-60 Gamma Rays," *European Journal of Cancer*, Vol. 17, Issue 5, pp. 539-548, 1981.

[ 6 ] J.Y.C. Cheung, K.N. Yu, C.P. Yu, and R.T.K. Ho, "Monte Carlo Calculation of Single-beam Dose Profiles Used in a Gamma Knife Treatment Planning System," *Journal of Medical Physics*, Vol. 25, No. 9, pp. 1673-1675, 1998.

[ 7 ] C.H. Won, D.H. Kim, J.H. Lee, S.H. Woo, and J.H. Cho, "Segmentation of Brain Ventricle using geodesic Active Contour Model based on Region Mean," *Journal of Korean Multimedia Society*, Vol. 9, No. 9, pp. 1150-1159, 2006.

[ 8 ] Gonzalez. Wood, *Digital image Processing Using MATLAB*, Prentice-Hall, New jersey, 2004.

[ 9 ] K.H. Lee, "Tumor Boundary Extraction in MR Brain Image using Erosion and Region Growing," *Proceeding of Korea Multimedia Society*, pp. 849-852, 2006.



나 승 대

2012년 2월 대구한의대학교 한방  
의공학과 (공학사)  
2014년 2월 경북대학교 대학원 의  
용생체공학과 (공학석사)  
2014년 3월~현재 경북대학교 대  
학원 의용생체공학과 박  
사과정

관심분야: 의학영상처리, 의용전자기기



김 명 남

1988년 2월 경북대학교 전자공학  
과 (공학사)  
1990년 2월 경북대학교 대학원  
전자공학과 (공학석사)  
1995년 2월 경북대학교 대학원  
전자공학과 (공학박사)

1996년~현재 경북대학교 의학전문대학원 의공학교실  
주임교수

관심분야: 생체신호처리시스템, 의학영상처리



이 기 현

2009년 8월 경북대학교 천문대기  
과학과 (이학사)  
2012년 2월 경북대학교 대학원 의  
용생체공학과 (공학석사)  
2012년 3월~현재 경북대학교 대  
학원 의용생체공학과 박  
사과정

관심분야: 생체신호처리, 의용전자기기