

# 뇌량의 형태검출 및 측정 시스템의 설계 및 구현

최유주\*, 태우석\*\*, 홍승봉\*\*, 김명희\*

\*이화여자대학교 컴퓨터학과

e-mail : {choirina,mhkim}@mm.ewha.ac.kr

\*\*성균관대학교 의과대학, 삼성서울병원, 신경과, 신경영상연구소

e-mail : {wstae,sbhong}@smc.samsung.co.kr

## Design and Implementation of Measurement System of Corpus Callosum

Yoo-Joo Choi\*, Woo-Suk Tae\*\*, Seung-Bong, Hong\*\*, Myoung-Hee Kim\*

\*Dept. of Computer Science and Engineering, EWha Womans University

\*\* Neuroimaging Laboratory of Neurology, Dept. of Neurology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

### 요약

본 연구에서는 선천적 뇌량의 기형 판별 및 타질환에 의한 뇌량의 형태학적 변화추적을 위한 뇌량의 형태검출 및 측정 시스템을 설계, 구현하였다. 개발 시스템은 대뇌에 대한 자기공명영상의 정중시상단면을 기반으로 간단한 사용자 인터랙션을 통하여 초기 뇌량 영역을 선택하고, 영역확장법과 윤곽선 검출기법을 통하여 뇌량의 형태를 검출하였다. 또한, Witelson의 영역측정 기준에 따라, 뇌량의 영역을 7개의 영역으로 구분하고, 각 구성영역의 크기를 자동 측정함으로써, 뇌량의 형태학적 변화분석이 용이하도록 하였다.

### 1. 서론

뇌기능과 뇌량의 형태학적 특성 분석에 대한 몇몇 연구를 통하여, 뇌량(Corpus Callosum)의 크기 및 형태 특성이 성별, 나이, 다양한 종류의 뇌기능 이상등과 연관되어 있음이 발표되었다. 다양한 뇌기능 질환형태와 뇌량의 형태특성과의 연관성을 발견하기 위한 연구가 의학 분야에서 꾸준히 진행되고 있고, 이러한 연구에서 뇌량의 형태특성을 파악하기 위하여 정중시상단면에 대한 자기공명영상(MRI)이 활용되고 있다. 자기공명영상을 기반으로, 뇌량에 대한 형태를 파악하는 작업은 분석자별로 차이를 가질 수 있고, 영역별 정량적 수치 값을 파악하는 일은 수동작업시 많은 시간을 요하는 작업이기 때문에, 뇌량의 형태특성 추출 및 영역별 수치측정을 위한 자동화 시스템에 대한 개발이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 선천적 뇌량의 기형 판별 및 뇌량의 형태학적 변화추적을 위한 자동화된 뇌량의 형태검출 및 측정시스템을 설계, 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 뇌량 형태특성 및 질병의 연관성에 대한 기존연구를 정리하고, 3장에서는 Witelson 뇌량의 영역 측정 기준에 대한 내용을 설명한다. 4장에서는 영역확장법 및 윤곽선 검출기법을 기반으로한 뇌량의 형태검출 및 뇌량 구성영역 자동측정 내용을 설명한다. 5장에서 구현환경을 설명하고, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

### 2. 뇌량의 형태특성 및 질병의 연관성

뇌량은 가장 큰 반구간 교련으로써, 피질에 위치한 신경단위로부터 은 약 2억~3억 5천만개의 신경다발로 구성된다. 또한 뇌량은 신경섬유가 통과하면서 뇌피질의 일정한 부위와 해부학적으로 연결을 유지하기 때문에 구조적 뇌영상의 연구대상이 되어왔으며(2), 뇌량에서 어느 한 부위의 이상소견은 그 신경섬유가 유래한 뇌의 특정한 부분의 이상을 반영한다는 연구가 있다.

\*본 논문은 부분적으로 과학기술부 국가지정연구실 사업과 정보통신부 대학정보통신연구센터(ITRC) 육성 지원 사업, 한국과학재단 가상현실 연구센터 지원사업의 지원에 의해 수행되었음.

뇌량은 궁륭(fornix), 해마교련, 해마, 투명중격(septum pellucidum), 대피질(cingulate cortex) 등과 발생학적으로 밀접히 연관되어 있다(3). 이러한 뇌량의 구조적 특징 때문에 뇌량에 대한 구조적 분석은 질환의 병태생리의 연구에 이용되었으며, 다양한 신경과적, 정신과적 질환과 신경심리학의 분야에서 연구가 있었다.

성별에 따른 뇌기능의 차이가 신경해부학적 차이에 기인할 수 있다는 가능성은 동물실험을 통해 광범위하게 연구되어 왔다. 최근의 연구들에 의하면 노화에 따른 인지기능의 감소, 여성이 우세한 언어 능력이나 남성이 우세한 공간, 수학적 능력, 언어습득지연, 난독증, 유아성 자폐증, 말더듬과 같은 발달성 언어장애가 남아(男兒)에게서 유병률이 높은 점, 남성의 여성보다 높은 뇌기능의 비대칭성등과 같은 기능적 차이가 몇몇 뇌구조물의 구조적 차이에서 기인할 수 있다고 한다(1). 남녀의 뇌량의 형태적 차이에 대한 연구는 1980년대부터 많이 연구되어 왔고, 국내에서는 최근에 여성의 뇌량중의 슬부(genu)가 더 크다는 연구결과가 있다(17).

출생전이나 주산기때의 뇌외상에 의한 병변과 뇌량의 이상부위의 관계를 밝힌 연구가 있고(6), 다발성 경화증에 의한 뇌량의 탈수초화와 축삭돌기퇴행(axonal degeneration)에 관한 연구가 있다.(7,8) Corticobasal 퇴화에 의한 뇌량의 위축과 뇌피질의 대대사저하, 인지능력 저하의 관계에 대한 연구가 있으며(9), 알츠하이머병과 뇌량의 관계에 대한 연구가 다수 있다(10-12). 국내에서는 정신분열증과 주의력 결핍-과잉행동장애 환자를 대상으로 한 연구가 있다(2-5). 간질환자에 대한 뇌량의 구조적 연구로는 간질환자의 뇌량과 지능, 언어기능에 대한 연구(13) 와 전신발작성 간질환자의 정신질환증상과 뇌량의 관계(14,15)에 관한 매우 소수의 연구가 있고, 국내에서는 간질환자를 대상으로 실시한 연구가 있다(18).

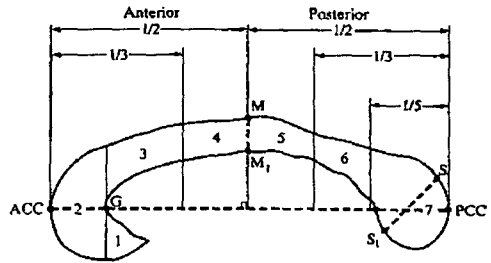
3. Witelson의 영역측정기준

Witelson은 뇌량의 병소에 관한 연구와 은염색을 통하여 양반구를 연결하는 신경섬유를 추적하는 기법을 이용하여, 대뇌피질이나 대뇌피질하의 특정한 부위와 뇌량의 특정한 소구역을 연결시키는 대략의 지도를 만들어서 제시하였다(16).

뇌량은 Witelson의 방법에 따라서, 뇌량의 전체 윤곽을 그린 후에, 뇌량의 가장 앞쪽 끝부분(anterior corpus callosum, ACC)과 뒤쪽 끝부분(posterior corpus callosum, PCC)을 연결하는 직선의 중심에 수직선을 그려 뇌량을 이등분 하였고, 다시 뇌량의 전체 길이를 삼등분하는 수직선 두개를 그렸다. 뇌량의 뒤쪽

에서 1/5되는 지점에 수직선을 그려 뿔대부(Splenium)를 정의하였고, 마지막으로 뇌량의 앞쪽, 안쪽곡면의 가장 깊은 지점(G)에 수직선을 그려서 전체를 7개의 부분으로 나누었다. 앞에서부터 a1(문부, rostrum), a2(슬부, genu), a3(문체부, rostral body), a4(anterior midbody), a5(posterior midbody), a6(협부, isthmus), a7(뿔대부, splenium)와 aT(전체 뇌량)라 하였다.

그림 1은 Witelson의 기준에 의한 뇌량의 ROI 영역을 보여주고 있다.



Region	Anatomical label	Cortical region
1	Rostrum	Caudal/orbital prefrontal, inferior premotor
2	Genu	Prefrontal
3	Rostral body	Premotor, supplementary motor
4	Anterior midbody	Motor
5	Posterior midbody	Somesthetic, posterior parietal
6	Isthmus	Superior temporal, posterior parietal
7	Splenium	Occipital, inferior temporal

그림 1. Witelson의 기준에 의한 뇌량의 ROI 정의

4. 뇌량의 형태 추출 및 측정

뇌량의 형태검출을 위하여, 사용자로 하여금 뇌량의 영상강도값에 대한 임계치를 결정하도록 하였다. 임계값 결정시, 사용자는 임계치에 대한 수치변화에 따른 선택영역을 화면으로 확인함으로써, 뇌량에 대한 임계치를 보다 쉽게 선택 할 수 있도록 하였다. 그림 2는 슬라이드바를 이용한 뇌량의 임계치 결정작업을 수행하고 있는 화면이다.

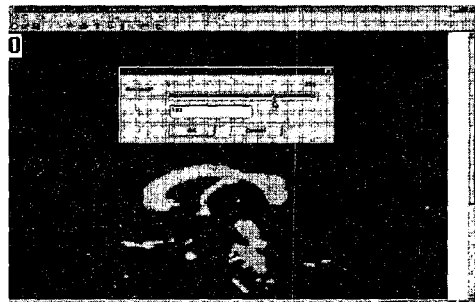


그림 2. 뇌량의 영상강도에 대한 임계값 지정

임계값에 의해 선택된 영역 중 뇌량 외부의 영역을 제거하기 위하여 사용자는 Cutting Knife 도구를 이용하여 외부영역과의 연결부위를 제거하고, 뇌량의 내부 점을 초기점으로 하는 영역확장법(19)을 수행함으로써 뇌량영역을 추출한다. 그림 3은 뇌량의 외부영역을 제거하고 뇌량영역만을 추출한 결과화면이다.

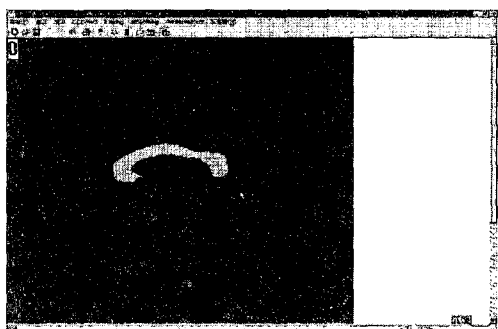


그림 3. 뇌량영역 추출 결과

추출된 뇌량영역의 뇌량의 외곽선 정보를 얻기 위하여, 8-이웃연결 체인코드 윤곽선 검출기법을 사용하였다. 체인코드 기법은 윤곽선을 따라 에지점의 리스트를 기록하기 위한 방법으로, 각 에지점들은 윤곽선상에서의 각 에지의 방향을 8-이웃방향중 한 방향으로 정의한다(19). 그림 4는 체인코드 윤곽선 검출기법의 수행 결과 화면이다.

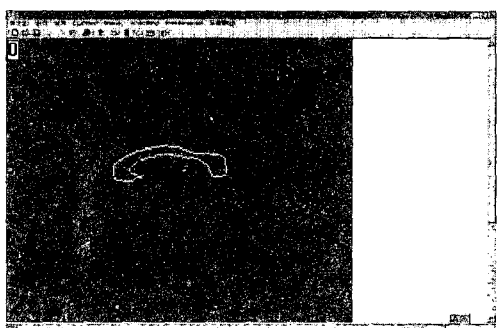
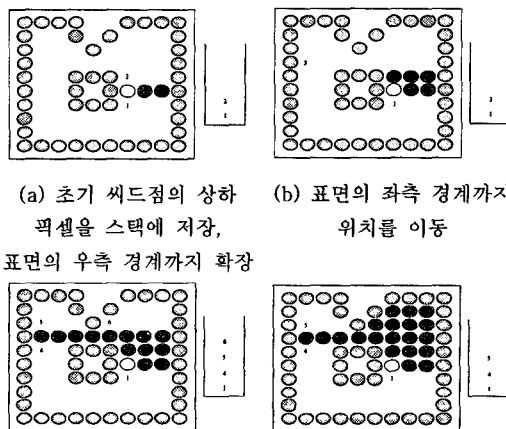


그림 4. 8-이웃연결 체인코드 윤곽선 검출기법 수행결과

Witelson의 영역 측정 기준에 의하여, 뇌량의 구성영역에 대한 자동 측정을 수행하기 위하여, 사용자는 뇌량의 가장 앞쪽 끝부분(Anterior Corpus callosum, ACC)과 뒤쪽 끝부분(Posterior Corpus Callosum, PCC)를 선택함으로써, 이를 연결하는 직선의 수직선을 그린다. 3장에서 설명한 Witelson의 기준에 따라 뇌량의 내부영역을 7개의 관심영역으로 나누고, 각 영역에

속하는 픽셀의 갯수를 floodfill 영역확장방법을 수행하면서 계산한다. floodfill 알고리즘은 영역 내부의 초기 씨드 픽셀의 위치로부터 4개의 모든 인접 픽셀을 고려하는 기존의 영역 확장 방법에 비해 각 픽셀 스펠의 초기 시작점에서 영역을 확장하는 기법으로 주위의 모든 점들을 스택에 저장하여 영역을 확장하는 기존의 영역 확장 알고리즘에 비해 메모리를 절약할 수 있다는 이점이 있다. 그림 5는 floodfill 영역확장법의 수행 절차를 도식화하여 보여주고 있다.



(a) 초기 씨드점의 상하 픽셀을 스택에 저장, 표면의 우측 경계까지 확장  
(b) 표면의 좌측 경계까지 위치를 이동

(c) 표면의 좌측 경계에 해당하는 점을 스택에 저장  
(d) 스택에 저장된 점의 위치에서 표면의 우측 경계까지 불륨을 확장

그림 5. floodfill 알고리즘의 수행과정

영역의 크기는 사용자의 선택에 따라, 윤곽선 픽셀을 포함하거나 혹은 윤곽선 픽셀을 배제한 상태로 계산할 수 있도록 하였다. 영상취득시 결정되는 픽셀당 단위면적을 입력하게함으로써, 절대단위(mm)로 뇌량단면의 단위면적을 계산할 수 있도록 하였다. 그림 6은 뇌량의 구성 ROI에 대한 자동영역 측정 후의 결과를 보여주고 있다.

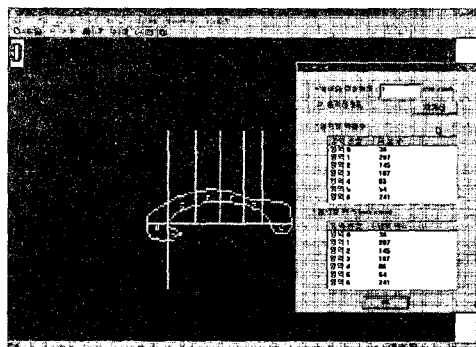


그림 6. 뇌량의 구성영역 자동측정 결과

5. 구현환경

본 구현 시스템은 1GHz CPU Pentium III PC, Windows 2000 환경에서, Visual C++/MFC workbench에서 구현되었다.

6. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 영역확장법과 윤곽선 검출기법을 기반으로 한 뇌량의 형태검출 방법을 제시하고, Witelson 뇌량영역 측정 기준을 기반으로 한 자동 뇌량 영역측정시스템을 개발하였다.

본 연구의 향후 연구로 자기공명영상 촬영시 발생될 수 있는 영상잡음에 대한 영상잡음제거 필터에 대한 연구를 수행하고, 뇌량의 영상강도 정보 뿐만아니라, 형태특성모델을 기반으로 한 분할 기법을 도입함으로써, 영상잡음에 의한 분할의 오류를 줄이고, 영역정보에 대한 보다 정확한 정량적 수치값을 계산하고자 한다.

참고문헌

1. Allen LS, Richey MF, Chai YM, Gorski RA. Sex differences in the corpus callosum of the living human being. *J Neurosci* 1991;11(4):933-942.
2. Park HS, Lee JS, Hwang SH, et al. Measurement of corpus callosal area in schizophrenic patients using magnetic resonance imaging. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1999;38:1150-8.
3. Lee JH, Na C, Lee JK. Corpus callosum dimensions measured by magnetic resonance imaging in schizophrenia. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1995;34:970-9.
4. Cheon JS, Kim HS. A magnetic resonance imaging study of corpus callosum morphology in schizophrenia. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1996;35:509-19.
5. Lee JS, Kim JH, Hong KE. Quantitative morphologic analysis using magnetic resonance imaging of the corpus callosum and lateral ventricle in boys with attention deficit hyperactivity disorder. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1997;36:274-80.
6. Pamela M, Eric C, Joan S, et al. Regional size reduction in the human corpus callosum following pre- and perinatal brain injury. *Cereb Cortex* 2000;10:1200-10.
7. Hoppner J, Kunesch E, Buchmann J, et al. Demyelination and axonal degeneration in corpus callosum assessed by analysis of transcallosally mediated inhibition in multiple sclerosis. *Clin Neurophysiol* 1999;110:748-56.
8. Pelletier J, Suchet L, Witjas T, et al. A longitudinal study of callosal atrophy and interhemispheric dysfunction in Relapsing-Remitting Multiple Sclerosis. *Arch Neurol* 2001;58:105-11.
9. Yamauchi H, Fukuyama H, Nagahama Y, et al. Atrophy of the corpus callosum, cortical hypometabolism and cognitive impairment in corticobasal degeneration. *Arch Neurol* 1998;55:609-14.
10. Hampel H, Teipel SJ, Alexander GE, et al. Corpus callosum atrophy is a possible indicator of region- and cell type-specific neuronal degeneration in Alzheimer disease. *Arch Neurol* 1998;55:193-8.
11. Teipel SJ, Hampel H, Pietrini P, et al. Region-specific corpus callosum atrophy correlates with the regional pattern of cortical glucose metabolism in Alzheimer disease. *Arch Neurol* 1999;56:467-73.
12. Vermersch P, Scheltens P, Barkhof F, et al. Evidence for atrophy of the corpus callosum in Alzheimers disease. *Eur Neurol* 1993;34:83-6.
13. Denis SA, Charles PD, Bassel AK, et al. Midsagittal corpus callosum area, intelligence and language dominance in epilepsy. *J Neuroimaging* 1996;6:235-9.
14. Conlon P, Trimble MR. A study of the corpus callosum in epileptic psychosis using magnetic resonance imaging. *Biol Psychiatry* 1988;24:857-60.
15. Conlon P, Trimble MR. A study of the corpus callosum in epilepsy using magnetic resonance imaging. *Epilepsy Res* 1988;2:122-6.
16. Witelson SF. Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. A postmortem morphological study. *Brain* 1989;112:799-835.
17. Tae WS, Hong SB. Sexual dimorphism of human corpus callosum using quantitative MRI. *J Korean Neurol Assoc* 2002;20:34-42.
18. Tae WS, Hong SB, Shin WC, et al. Measurement of Corpus Callosal Area in Juvenile Myoclonic Epilepsy Using Magnetic Resonance Imaging. *J Korean Epilep Soc* 2002, in press.
19. Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", Second Edition, 1999, PWS publishing.