

## 뇌 정위 생검술을 위한 영상지원 3차원 국재 프로그램 개발

\*인제대학교 의과대학 신경외과학교실, †서울아산병원 신경외과

이동준\* · 이도희†

뇌 신경계에 발생한 비정상조직 등 병소들을 수술적 방법으로 생체 조직검사 시 방사선 영상 공간과 실제 물리적 공간을 3 차원적으로 일치시키고 국재(localization)하는 영상지원 뇌 정위 수술은 혹시 발생할지도 모르는 후유증을 최소화할 수 있다. 본 연구는 대부분 고가의 대형 정위 수술 프로그램에 포함되어 있는 뇌수술을 영상 지원하는 정위적 국재 프로그램들 중 임상에서 수술 빈도가 높은 생체조직 검사 시술 시에 최소한의 기능으로 수술을 지원할 수 있는 프로그램을 개발하고 팬텀을 이용해 국재 정확도를 측정 한 후 임상에서 사용 가능성을 평가하였다. 프로그램은 영상자료 입력, fiducial marker 등록, 목표점 좌표 지정 및 좌표 값 표시 등 3 부분으로 구성하였고 팬텀을 이용한 프로그램의 정확도를 측정결과 임상에서 요구되는 일반적인 국재 정확도 한계인 2 mm 이내였다. 이 프로그램은 고난도의 뇌 정위 생검 수술 시 정확한 시술이 가능하도록 지원하여 수술의 위험도를 줄이고 수술 성공률 향상에 기여할 수 있으리라 생각된다.

**중심단어:** 뇌 정위, 생검술, 영상지원 프로그램

### 서 론

두개 강 내에 발생한 종양, 혈종, 비정상 조직 등의 병소에 대한 정위적(stereotactic) 생체조직검사수술(이하 생검술)은 일반적으로 수술 전에 촬영한 전산화 단층촬영(CT) 혹은 자기공명영상(MRI) 등의 방사선영상에서 병소의 위치를 미리 확인하고, 해부학적 지식과 수술자의 경험을 바탕으로 시술한다. 따라서 실제 환자의 뇌 내 병소에 대한 생검술을 성공적으로 수행하기 위해서는 수술 전 혹은 수술 중 병소를 정확히 국재(Localization)하는 것이 가장 중요하다. 이는 병소가 뇌 속 깊숙이 위치하거나 병소 주변에 중요한 구조물인 신경 혹은 혈관과 인접하여 있는 경우, 침습적인 수술(invasive surgery)로 인해 후유증을 유발하는 부담스러운 수술이 될 수도 있기 때문이다. 그러한 이유로 최근에는 방사선 영상이 만드는 공간과 실제 물리적 공간을 3 차원적으로 일치시키고 이 자료를 바탕으로 국재를 하는 진보된 정위 수술(Stereotactic Surgery)의 개념<sup>1-4)</sup>이 임상에

적극 활용되어 수술 성공률을 높이고 혹시 발생할지도 모르는 후유증을 최소화하는 데 크게 기여하고 있다. 즉, 환자의 해부학적 구조물을 모니터상의 영상자료에 직접 대응시켜 수술 전 계획수립과 목표물의 위치추적, 수술위치의 확인에 적용되는 대화형 영상지원 정위수술(interactive image guided stereotactic surgery) 등의 최소 침습적 수술방법<sup>5-7)</sup>들이 사용되고 있다. 그러나 이들 기능을 가진 프로그램들은 대부분 다양한 국재방법으로 뇌수술을 지원하는 방대한 종합프로그램으로 이미지 융합 및 3차원 재구성을 포함하는 방사선 수술 치료계획 프로그램, 동위원소의 뇌 내 삽입수술 치료계획 프로그램, 뇌 혹은 척추 수술을 위한 항법(navigation) 프로그램 등으로 구성되어 있으며 매우 고가이다. 그러므로 임상에서 수술 빈도가 빈번한 뇌 정위 생검술만이 목적이라면 가장 기본적으로 요구되는 기능만을 가지고 있고 쉽게 사용할 수 있는 뇌 정위 생검술을 위한 국재 프로그램을 각자 필요에 따라 특성 있게 개발하여 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 뇌 정위 생검술을 위한 국재 프로그램을 개발하고 팬텀을 통해 프로그램의 임상사용 가능 여부를 평가하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에서는 조직 생검 시 사용될 국재 프로그램을 제작하기 위하여 프로그래밍 언어로 IDL 5.5 (Intersys, USA)

본 연구는 2000년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.  
이 논문은 2004년 10월 26일 접수하여 2004년 11월 15일 채택되었음.  
책임저자: 이동준, (411-706) 경기도 고양시 일산구 대화동 2240  
인제대학교 의과대학 일산백병원 신경외과학교실  
Tel: 031)910-7732, Fax: 031)915-0885  
E-mail: djlee@ilsanpaik.ac.kr

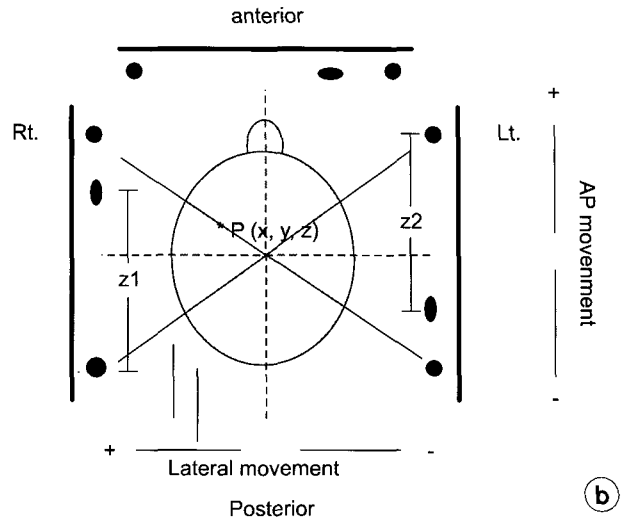
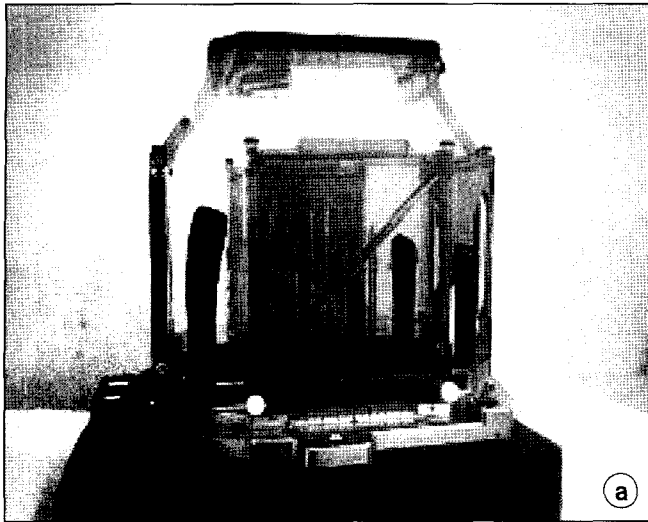


Fig. 1. CRW head frame system and schematic concept of stereotactic localization. (a) "N" shape fiducial rod localizer mounted on CRW head frame. (b) Axial plane of the CT section intersect the "N" shape fiducial rod.

를 사용하였다. 제작된 프로그램으로 얻은 결과는 임상에서 수술과정과 동일하게 시행하기 위하여 CRW (Radionics, USA) 머리 고정틀에 자체 제작한 팬텀을 장치한 상태에서 검침 길이 180 mm, 직경 2 mm인 생검 검침봉 끝이 목표점과 일치하는 정도를 측정하여 프로그램의 정확도를 검증하고 평가하였다.

### 1. 뇌정위 장비와 팬텀 디자인

측정 시 사용한 뇌정위 장비는 실제 임상에서 사용하고 있는 대표적인 뇌 정위 머리 고정틀 중의 하나인 CRW 머리 고정틀과 Arc형 검침봉 거치대 및 직경 2 mm의 검침봉을 사용하였다. CRW는 뇌 정위수술에 사용하는 대표적인 머리 고정틀 중의 하나이며 MRI와 CT에서 동시에 사용할 수 있고 부분적인 방사선 감쇄 영향을 줄이기 위하여 재질이 듀랄루민과 카본으로 구성되어 있다. 머리 고정틀 내에서의 좌표 결정은 Fig. 1a와 같은 "N"자 형 국재(localization) 장치를 이용하며 이를 MRI 혹은 CT 촬영한 축 방향 횡단 영상에서 좌표 국재개념은 Fig. 1b와 같다. 즉, 뇌 병변 생검 시 목표점 좌표를  $p(x, y, z)$ 라 하면 국재할 목표점의 왼쪽에서 오른쪽이 x 좌표 값의 증가 방향이고 뒤쪽에서 앞쪽이 y 좌표 값의 증가 방향이다. z 값은 횡단영상면의 높이로 위에서 아래 방향으로 값이 감소하며 z1과 z2의 평균값으로 나타낸다.

팬텀은 임상에서 환자를 수술하는 과정을 동일하게 모사할 수 있도록 프로그램에서 알려준 생검 검침봉 끝의 좌표

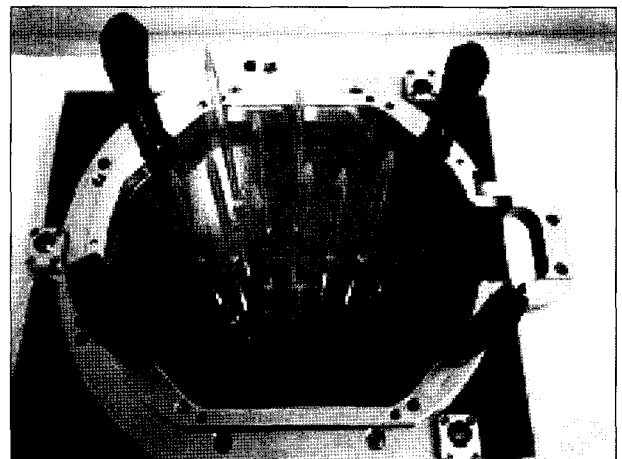


Fig. 2. Localization test phantom place on the CRW stereotactic frame.

와 목표점 좌표의 일치 여부를 측정할 수 있도록 설계하였다. 팬텀은 Fig. 1a와 같이 두께 8 mm의 아크릴로 CRW의 본체 밀면과 3차원 국재장치에 결합되어 일체되도록 하였고 팬텀 밀면에는 외경 6 mm 아크릴 봉을 각각의 길이 150 mm×4개, 130 mm×4개, 110 mm×2개 등 10개의 끝단을 측정에 용이하도록 직경 2 mm로 가공하여 밀면의 정해진 위치에 수직으로 세워 아크릴 봉 끝단이 생검 시 목표점 공간 좌표가 되도록 하였다(Fig. 2).

2. CRW 용 공간좌표 국제 프로그램 개발

목표점 좌표를 결정하기 위하여 팬텀에 CRW 머리 고정틀을 N shape fiducial localizer와 함께 장치 후 CT 촬영을 시행하였다. 촬영 시 조건은 FOV 25 cm, 256×256 matrix로 팬텀의 아크릴 봉 상단부터 밑면까지 축 방향으로 틈없이 1 mm 간격으로 연속촬영하였고 PACS를 통해 dicom file로 개인용 컴퓨터에 전송 받아 제작한 프로그램 내에 저장하였다.

프로그램은 크게 영상자료 입력 부분, fiducial marker point 등록 부분(Fig. 3a), 목표점 좌표 지정 및 좌표값 표시 부분(Fig. 3b) 등 3부분으로 구성되어 있다. 한편 촬영한 CT 영상은 최대 10개까지 선택하여 좌표계산 부 프로그램에 불러들일 수 있도록 하였고 목표점 계산 후에는 목표점이 표시된 영상을 JPEG file로 저장하여 필요시 쉽게 읽어 들일 수 있도록 하였다.

좌표계산 프로그램에서는 불러들인 dicom image에서 화소의 위치를 이용하여 x, y 좌표를 계산한다. 불러들인 CT 영상에서 CRW localizer의 6개 fiducial point의 중심점을 등록하면 주어진 CRW localizer의 실제 기하학적 크기값과 비교하여 실제 배율로 1 : 1 조정하고 CRW localizer가 CT 영상과 비교해 기울어진 각도를 계산하고 보정하게 된다. 이 과정이 끝난 후 마우스로 생검할 위치의 목표점 좌표를 설정하면 즉시 목표점 좌표 값이 Fig. 3b와 같이 표시된다.

결과 및 고찰

1. 프로그램 요약

본 연구에서 개발한 프로그램은 임상에서 두개 강 내에 발생한 종양 등 비정상 조직 병소에 대한 생체 조직검사 수술을 위한 뇌 정위 프로그램이다. 프로그램은 크게 영상자료 입력, fiducial marker 등록, 목표점 좌표 지정 및 좌표값 표시 등 3부분으로 구성되어 있는데 먼저 영상자료 입력을 위해 목표점 좌표를 표시할 CT 영상을 10개 이하의 dicom file로 저장한다. 저장된 파일은 프로그램을 실행하면 이름, 성별 등 임상 정보와 함께 JPEG 등 다양한 file로 저장할 수 있도록 하였다. 프로그램은 메뉴에서 START key를 누르면 dicom file의 CT 영상과 함께 Fig. 3a와 같이 fiducial point의 등록을 요구한다. 이때 오른쪽 아래와 왼쪽 위 fiducial point의 중심을 마우스로 등록하면, 자동으로 CT 영상을 읽으면서 입력된 10개 이하의 모든 영상에서 fiducial point를 찾아 등록한다. Fiducial point가 등록된 화면에서 목표점 좌표를 요구하는 지점의 중심에 Fig. 3b와 같이 마우스로 click하면 원하는 좌표가 구해지며 이는 목표점 표적 번호와 x, y, z 좌표 값으로 표시된다. 좌표 값이 표시된 화면은 JPEG file로 저장되어 컴퓨터에서 다시 볼 수 있으며 다른 순번의 영상으로의 이동은 화면상의 NEXT key와 PREVIOUS key를 이용하면 된다.

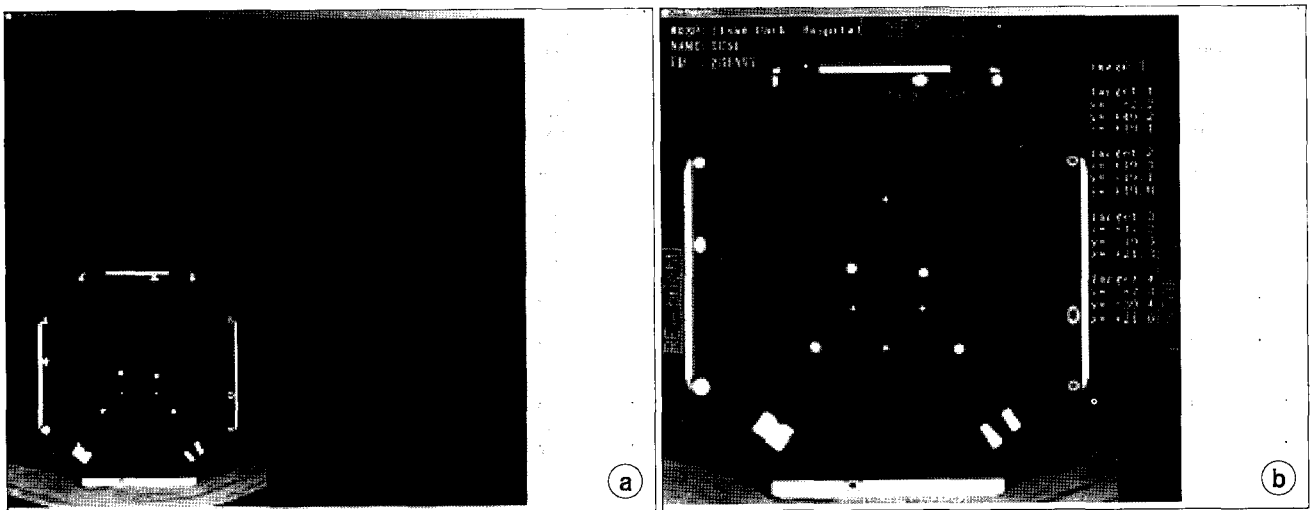


Fig. 3. Fiducial point registration and selected target coordinates output display. (a) Automatic fiducial point search and registration for all corresponding marker points of the all other image slices. (b) View of the target coordinates output displayed at the right side of the window.

**Table 1.** Deviation between end of rod position and calculated 3D coordinate from developed program for this study.

(mm)		
Rod no.	Avg. error	SD
150-1	1.4	1.2
150-2	1.0	1.7
150-3	-0.5	1.9
150-4	1.4	0.7
130-1	1.2	0.7
130-2	1.2	0.9
130-3	-0.8	0.8
130-4	1.1	0.8
110-1	1.8	1.2
110-2	1.7	1.0

한편, 읽어들이는 CT 영상은 화면에 보이는 크기와 실제와 배율이 1 : 1이 아니므로 배율 및 영상이 뒤틀린 각도를 계산하여야 한다. 영상의 실제 배율은 X축을 기준으로 한 점들 간의 거리와 Y축을 기준으로 한 점들 간의 거리를 CRW에서 대각선의 길이를 이용하여 실제 배율을 구하고, 뒤틀린 각도는 영상에서의 대각선의 각도와 CRW에서의 대각선의 각도 차를 기울어진 차이 각도로 구한다.

**2. 프로그램 정확도 측정 및 평가**

프로그램은 정확도 측정을 위하여 임상에서 생검 시술 시와 동일 조건으로 장치하였다. 장치는 CRW 머리고정 틀에 3차원 공간에서의 국제 정확도 측정을 위해 제작한 팬텀을 결합시키고 국제용으로 사용할 생검 검침봉을 arc형 거치대에 결합하였다. 그리고 영상지원 국제 프로그램을 이용하여 획득한 10개의 목표점 공간좌표에 대하여 각 10회씩 국제하고 발생하는 공간오차를 측정하였다. 10개의 목표점은 아크릴 봉의 길이 150 mm 4개, 130 mm 4개, 110 mm 2개를 배치 위치에 따라 동일한 길이에 대하여 팬텀의 앞쪽에서 뒤쪽으로, 왼쪽에서 오른쪽으로 150-1, 150-2, 150-3, 150-4 등으로 구별하였다.

Table 1에서 측정 결과 값은 검침봉의 끝단과 해당 목

표점 아크릴봉의 끝단이 정확하게 일치하는 값을 기준으로 검침봉의 진행 방향을 +, 역방향을 -로 하였다. 각각의 목표점에 대하여 10회 측정 후 평균오차는 2 mm 이내였으며 길이 110 mm인 아크릴 봉에서 비교적 다른 길이의 목표점 측정치보다 오차가 큰 경향이 있었다. 즉 검침봉의 침습 길이가 긴 깊숙이 위치한 목표점에서 다소간 오차가 커진다고 생각된다. 이는 검침봉의 침습 각도와도 무관하지 않을 것이라 생각되어 본 연구에서는 검침봉의 침습 각도를 팬텀의 축 방향을 기준으로 60° 내에서 측정하였다. 결과적으로 본 연구의 측정결과에 의하면 생검용 프로그램은 임상에서 요구되는 일반적인 국제 정확도 한계인 2 mm 이내였다. 이 프로그램은 고난도의 뇌 정위 생검 수술 시 정확한 시술이 가능하여 수술의 위험도를 줄이고 수술의 성공률 향상에 기여할 수 있으리라 생각된다.

**참 고 문 헌**

1. Phillips MH, Stelzer KJ, Mayberg MR, et al: Stereotactic Radiosurgery: A Review and Comparison of Method. J Clin Oncol 12:1085-1099 (1994)
2. Coffey RJ, Lunsford LD, Flicknger JC: The Role of Radiosurgery in the Treatment of Malignant Brain Tumors. Neurosurg Clin North Am 3:231-243 (1992)
3. Barnett GH, Kormos DW, Steiner CP, et al: Use of a Frameless, Armless Stereotactic Wand for Brain Tumor Localization with Two-Dimensional and Tree-Dimensional Neuroimaging. Neurosurgery 33:674-678 (1993)
4. Olivier A, Germano IM, Cukiert A, Peters T: Frameless stereotaxy for surgery of the epilepsies: preliminary experience. J Neurosurg 81:629-633 (1994)
5. 이동준, 나영신, 이정교: 3차원 영상지원 뇌수술장비의 공간오차 최소화에 관한 연구. 의학물리 8:19-26 (1997)
6. Maciunas RJ (ed): Interactive Image-Guided Neurosurgery. Park Ridge, IL: AANS Publication (1993)
7. Watanabe E, Mayanagi Y, Kosugi Y, et al: Open surgery assisted by neuronavigator, a stereotactic, articulated sensitive arm. Neurosurgery 28:792 (1991)
8. <http://www.ri.cmu.edu/mrcas/MRCAS.html>
9. Rhoten RL Luciano MG, Barnett GH: Computer-assisted Endoscopy for Neurosurgical Procedures: Technical Note, Neurosurgery 40: March (1997)

## Development of Image Guided 3D Localization Program for Stereotactic Brain Biopsy

Dong Joon Lee\*, and Do Heui Lee<sup>†</sup>

\*Department of Neurological Surgery, College of Medicine, Inje University,

<sup>†</sup>Department of Neurological Surgery, Asan Medical Center

Stereotactic brain biopsy using stereotactic head frame such as CRW (Radionics, USA) has demonstrated a precise lesion localizing accuracy. In this study, we developed the target point calculation program for brain lesion biopsy using CRW stereotactic head frame and designed a phantom for verify the new developed program. The phantom was designed to have capability to simulate clinical stereotactic brain biopsy. The phantom has 10 vertical rods whose diameters are 6mm and tip of each rods are 2mm. Each rod has different length, 150 mm×4 ea, 130 mm×4 ea, 110 mm×2 ea. CT images were acquired with Simens CT scanner as continuous transverse slice, 1 mm thickness in a 25 cm field of view and stored in a dicom file as a 256×256 matrix. As a result, the developed new target localization program will be useful for planning and training in complicated 3 dimensional stereotactic brain biopsy.

---

**Key Words:** Stereotactic brain biopsy, Target localization program