

컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상, 뇌혈관촬영을 이용한
정위적 수술시스템의 개발

김성현, 서태석
가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

Development of Stereotactic Surgery system
with CT, MR Imaging, and Angiography

S. H. Kim, T. S. Suh
Dept. of Biomedical Eng. Catholic University Medical College.

ABSTRACT

The aim of this work is to develop 3-D stereotactic localization system in order to determine the precise shape, size and location of the lesion in the brain in the field of Stereotactic Radiosurgery(SRS) and neurosurgery using CT/MRI/angiography and multi-purpose QA phantom. The algorithms to obtain a 3-D stereotactic coordinates of the target have been developed, and targets on each CT image were superimposed each other on MR/angiography images without distortion correction. This system was implented in Visual C++ as a PC-based application program.

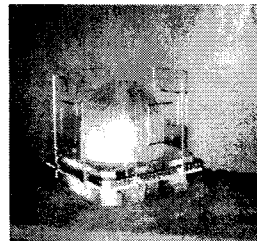
방법

1. QA용 두경부(head)팬텀 제작
CT/MRI/angio 영상에서 3차원적인 위치를 충분히 반영할 수 있는 9개의 가상병변을 가진 CT/ angio (그림_1.a,b) 및 CT/MRI용(그림_1.c) 두경부 팬텀을 각각 제작하였다.
2. MRI/angio용 위치측정 보조기구 제작
CT용 위치측정 보조기구(head ring과 localizer)는 상용화된 hitchcoke 시스템을 사용하였으며(그림1_a), angio localizer용으로는 납볼로 구성된 전후좌우 4개의 사각판을 제작하였다(그림_1.b). MRI 정위시스템용으로 자체 개발한 위치측정 보조기구를 사용하였다(그림_1.c).

서론

의학분야에서 서로 다른 각각의 영상들은 상호보완적인 영상정보를 제공한다. 그래서 병소의 진단과 치료의 효율성을 위해 각각의 영상들이 가지는 특징들을 결합시키는 것은 매우 중요한 의미를 가지며 그 필요성이 증가하고 있다. 정위적 방사선 수술 및 신경외과적 수술분야에서는 상호보완적인 안체정보를 제공하기위하여 CT/MRI/angio 영상등을 사용하고 있다. 정위적 방사선 수술에서 품질보증(Quality Assurance, QA)은 방사선 수술의 정확성과 안전성을 위해 매우 주요한 작업이다. 본 연구의 목적은 정위적기구와 영상처리기술을 이용하여 CT/MRI/angio 영상에 나타난 병변의 정확한 위치와 크기를 파악하고, 병변을 합성시키는 3차원 정위시스템을 개발하는데 있다.

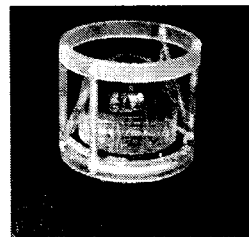
본 연구를 통하여 개발된 CT 및 angio촬영을 이용한 3차원 정위시스템의 정확성은 방사선 정위수술 및 신경외과적 수술분야에 많은 도움이 되리라 기대하며, 향후 왜곡보정 기술을 통한 MR영상 정위시스템은 의료분야에 유용하게 사용되리라 사료된다.



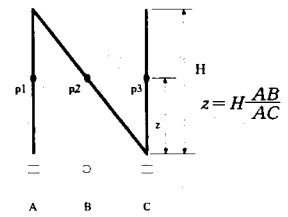
(a)



(b)



(c)



(d)

그림_1. 두경부 QA팬텀에 부착된 hitchcoke CT localizer 시스템(a)과 angio localizer 시스템(b), MRI localizer 시스템(c)과 CT/MRI localizer의 특징(d)

3. CT/MRI/angio 좌표변환 알고리즘의 개발

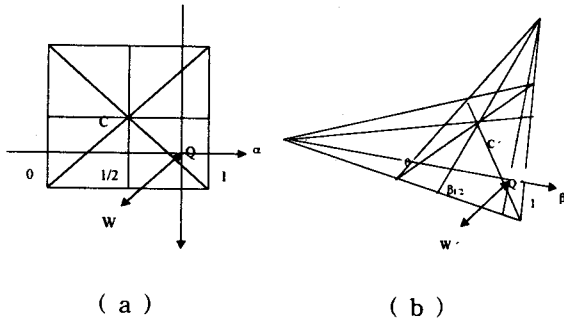
Hitchcock 및 자체개발한 위치측정 보조기구를 제작한 두경부 팬텀에 각각 고정시켜 CT 및 MRI, angio촬영을 하였다. 필름스캐너와 디스크 드라이브(MOD)를 통하여 컴퓨터에 입력된 영상으로부터 병소부위 및 위치측정 보조기구에 대한 상대적 위치정보를 추출하여 두경부내의 각화소를 3차원 정위좌표로 전환하였다.

$$[x \ y \ z] = [u \ v \ 1]I$$

(x,y,z)는 CT/MR의 영상좌표 (u,v)에 해당하는 정위좌표이다. CT/MR영상에 나타나는 6개 점들간의 거리관계로부터 병소의 3차원 좌표를 계산한다. z는 그림_1.d와 같이 localizer의 거리관계로부터 결정하였다. Angio 정위시스템에서는 병소점을 통과한 X선과 어느 한 위치측정기구(localizer) 사각판이 만나는 점을 Q(Q=A,P,R,L)라하고 A-P와 R-L을 연결하는 선들의 교차점을 병변의 3차원 좌표로 정의한다. 먼저 A-P, R-L 두 방향의 영상중 하나를 택하여 영상에 나타난 병소위치 Q' 점(그림_2.b)을 실제 사각형 localizer상의 Q점(그림_2.a)으로 변환시키는 α 와 β 사이의 관계식을 구한다.

$$\alpha = \gamma\beta / [1 + (\gamma - 1)\beta], \quad \gamma = (1 - \beta_{1/2}) / \beta_{1/2}$$

α 값과 localizer 사각형의 실제 크기를 이용하여 병소의 좌표를 두 사각 localizer상의 좌표로 나타낸다. 다음은 나머지 방향에 대해서도 똑같은 방법으로 시행한다



그림_2. (a) 임의의 localizer 사각판면 및 선원-병소간 교차점 Q와 사각형 꼭지점을 포함하는 평면도. (b)선원-필름간 어느 한 방향에 대하여 필름상에 투영된 사각판의 꼭지점과 Q점의 투영도 Q'을 나타내는 평면도.

4. 좌표변환 정확도 평가

9개 가상병변에 대해 CT와 angio 정위좌표를 QA 팬텀의 절대좌표와 비교하였고, MRI 정위좌표를 CT 정위좌표와 비교하였다.

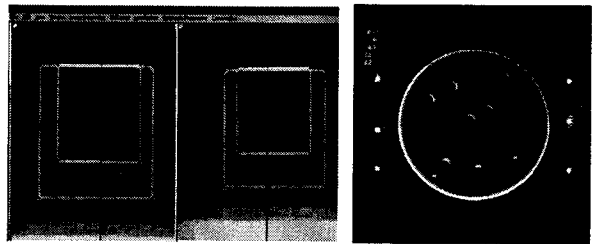
5. 영상의 합성

CT영상에 나타난 가상병변의 외각선의 점들을 angio영상위에 나타내게 하였으며, CT영상과 MR영상을 알파채널 기법을 이용하여 합성하였다.

결과 및 고찰

512x512크기와 2mm두께의 CT영상을 이용한 정

위시스템에서는 절대좌표와 $1.02 \pm 0.17\text{mm}$ 의 평균거리오차를 보였으며, angio촬영에서는 $0.41 \pm 5\text{mm}$ 의 평균거리오차를 보였다. 각 축의 최대오차는 약 $\pm 1.0\text{mm}$ 이내임을 확인 하였으며, angio 영상에서 배율은 필름 방향에서는 1.4이고 선원 방향에서는 1.1이 나타났다. 이러한 결과 값은 기존의 연구결과와 일치하며 뇌정위적 방사선 수술에 적절하다는 것을 확인하였다. CT의 정위좌표와 비교한 240mm FOV와 512x512 matrix, 2mm절편 두께를 가진 MR영상에서의 정위좌표는 영상자체의 왜곡현상에 의해 $1.98 \pm 2.88\text{mm}$ 의 평균거리오차를 보였으며, CT와 MR 영상의 합성(그림_3.b)을 통하여 그 오차를 확인할 수 있었다. 이러한 오차는 왜곡보정을 통하여 극복되리라 사료된다. 마지막으로 CT와MRI, angio영상의 각 병소의 중첩(그림_3)은 합당한 병소의 위치를 선정하고 해석하는데 많은 도움이 될것으로 사료된다.



(a) (b)

그림_3. (a) CT영상에 나타난 병소의 외각선의 점들이 angio 두 영상위(A-P, R-L)의 병소에 중첩되었다. (b) CT와 MR영상의 합성을 나타낸다.

결론

본 연구를 통하여 개발된 정위시스템은 효율적인 진단은 물론 방사선 정위수술 및 신경외과적 수술분야에서 두경부내 수술부위의 정확한 위치와 크기를 결정하는데 많은 도움이 될것으로 사료되며, 향후 생체검사와 미세 로봇 수술분야에도 그 활용도가 기대된다.

참고문헌

- 1.Peters T.M., Clark J.K., Olivier A., et al. Integrated stereotaxic imaging with CT, MR imaging, and digital subtraction angiography. Radiology 1990;161:821-826.
- 2.Petra A. van den Elsen, Evert-Jan D. Pol, Max A. Viergever. Medical Image Matching-A Review with Classification. IEEE Eng. Med. Biol 1993;12:26-39.
- 3.C.J. Henri, Collins, T.M. Peters. Multimodality image integration for stereotactic surgical planning. Med. Phys. 1991;18(2):167-177.
- 4.T.M. Peters, J.A. Clark, G.B. Pike, C. Henri, L. Collins, D.Leksell, O.Jeppson. Stereotactic Neurosurgery Planning on a Personal-Computer-Based Work Station. J. Digital Imaging 1989;2:2:75-81.