

개인용 컴퓨터를 이용한 뇌 합성영상에 대한 재구성

민형기 · 남상희*

마산성모병원 방사선과, 인제대학교 보건대학 의용공학과*

..... Recently, to make a diagnosis of the patient different X-Ray examinations are used. To name a few, Computed Tomography (CT), Magnetic Resonance Image (MRI) Single Photon Emission Computed Tomography (SPET) and Positron Emission Tomography (PET). But diagnosticians face difficulties sometimes when they make a diagnosis with images from those examinations. One of the problem is whether the Lesions of the patient is captured in the image correctly. Another one is whether the images are taken with same angle. in this paper, a study 9 on the method to obtain the hybrid image from the different images to different examinations. The procedure done in this paper is described as future study.

Although small errors in position between imgs would occurred, this method more useful as it does not make patients in convenient. To reconstruct a image, some images are scanned by scanner and stored to personal computer for further image processng with Aldus photostyler program. The method to generate a sharpened image are also described.

1. 서론

방사선학, 핵의학 영역에서 단층영상을 얻을 수 있는 검사로서는 전산화 단층 촬영(computed tomography '이하 CT'), 자기 공명 영상 (magnetic resonance image '이하 MRI'), 단일광자 방출 단층촬영 (single photon emission computed tomography '이하 SPECT'), 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography '이하 PET')을 대표적으로 들 수 있으며, 이러한 단층 영상은 진단 정보의 범위를 넓히고, 진단의 정확성을 높이는 데 일익을 담당하고 있으나 이들이 보여주는 정보에는 각각의 특징적인 면과 단적인 면이 있다¹⁾. 예를 들면 고해상력의 CT, MR영상은 골, 연부조직, 뇌(brain) 또는 척수(spinal cord), 복부(abdoman) 및 전신(whole body)의 해부학 구조를 선명하게 묘사할 수 있으나, 생리학상의 기능적 정보는 뒤떨어진다. 반면에 SPECT나 PET영상은 장기나 조직의 생화학적 활동과 밀접하게 연관된 혈류나 대사상태의 기능적 정보를 묘사하여 신체의 화학적 변화를 알 수 있으나, 영상의 해상력이 떨어져 해부학적 구조를 묘사하기에는 부적합하다²⁾. 영상의 색에 있어서 CT나 MR영상은 단순하게 흑백으로 구성되어 있고 PEECT나 PET는 적, 청, 녹색으로 구성된 칼라영상을 제공한다. 일단 임상자들은 가장 보편화되어 있는 흑백영상에 익숙해져 있기 때문에 다소 칼라영상에 대해 부담을 가진다고 Crowe가 보고하였다³⁾. 하지만 현 의료장비의 추세에 따르면 의료기자들이 칼라영상 출현으로 가시화경향이 두드러지게 나타나고 있다.

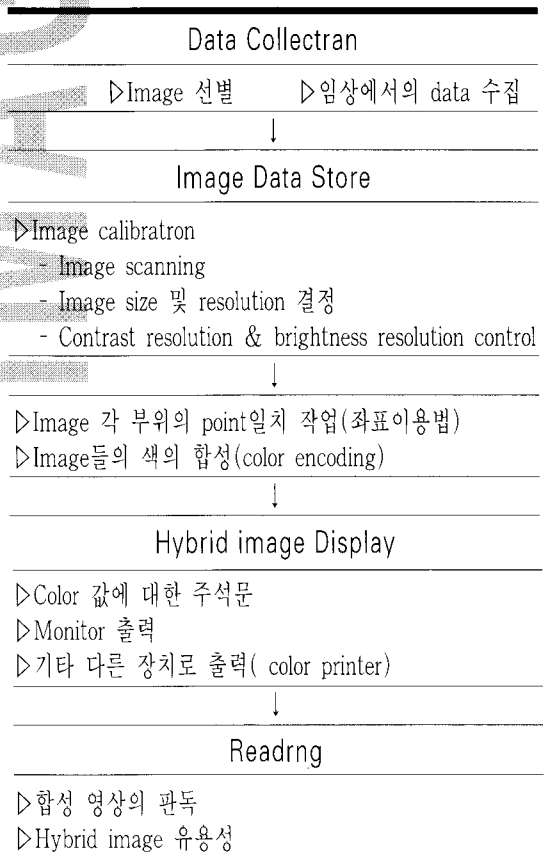
이에 본 연구에서는 해부학적 진단이 우수한 MR과 기능적 진단이 우수한 SPECT영상을 컴퓨터의 Aldus Photostyler 2.0 프로그램을 이용하여 영상을 재구성하고, 색의 조합(colorencoing) ⁴⁻⁶⁾을 수행하여 경계부분을 명확하게 하고, 가시적 효과를 증가시킨 합성영상의 유용성을 알아보고자 한다.

2. 연구방법

1. 방법

해부학 구조를 선예하게 묘사할 수 있는 MR영상과 인체의 기능적인 면을 관찰할 수 있는 SPECT 영상을 재구성하여, 병변의 해부학적 위치를 정확하게 묘사하기 위해 다음과 같은 연구를 실시하였다. 임상에서 수집한 데이터를 영상 합성시 가치가 있는 영상만을 선별하여 스캐너로 scanning한 후 컴퓨터에 저장한 후 해상도와 대조도를 높이고 두 영상의 크기와 색을 조합시켜 이상적인 합성영상을 출력한다. Table 1은 본 연구의 전반적인 연구집행 과정의 흐름도이다.

Table 1. The flow Chart of procedure



2. 대 상

전향성 실험은 병변의 위치 및 크기를 일치시키기 쉬워서 정확도가 우수하나, 이용자에게 질병진단의 목적과 관계없이 두 가지(MRI, SPECT) 모두 촬영해야 되는 부담이 되므로 어려움이 따른다. 그러나 후향성 실험은 부위별 위치의 정확도가 떨어지는 문제점이 있으나 전향성의 문제점이 보완될 수 있으며, 또한 자료준비 과정이 쉽고 단순하므로 언제든지 어떠한 study도 합성 영상구성을 할 수 있다. 연구논문의 자료는 후향성 실험을 위한 1995년 10월 -1996년 3월에 SPECT와 MRI검사를 모두 실시한 환자 30명(두 가지 모두 이상 10명, MRI만 정상 10명, 두 가지 모두 정상 10명)을 대상으로 하였다. MRI만 정상인 환자 10명 중에는 뇌위축증(atrophy)과 뇌수종(hydrroma)이 있었으나, SPECT 영상에서는 양 측두 옆에 혈류흐름의 감소를 관측 할 수 있었다(Table 2).

3. 데이터 수집

1) Image 선별

MRI에서는 이상이 나타나지 않는 정상영상을 보여준 반면, SPECT영상에서 이상이 있는 것으로 묘사된 것을 선택하여 선예한 해부학적 구조에 혈류 흐름의 장애로 인한 기능적 이상을 나타내는 영상과 MRI, SPECT 영상 모두 이상이 있으며 SPECT에서 혈류흐름의 장애가 크게 나타난 영상을 선택 하였다.

2) 임상환자의 data 수집

임상에서 MRI와 SPECT를 모두 촬영하여 보관된 MRI film과 SPECT의 저장된 data를 이용하였으며MR 영상은 처음 촬영할 때 선택하여 정해주는 위치에 촬영되므로 scout image를 촬영한 후 OML(orbito metal

line, 즉 안와이공선)에서 시작하여 두정부까지 10mm 간격으로 횡단면상(transaxral image)을 11 ~ 13개의 단면을 합성시 색의 조합에 유리하도록 T1강조 영상을 선택하였다. SPECT 단층영상은 저장된 scout 영상데이터에서 보고자하는 방향으로 자유롭게 할 수 있다. Scout영상 OML(orbito metal line)에서부터 4mm 두께로 두정부까지 30개의 단면상을 얻어 MR영상에 가까운 영상을 선별, 프린터 하였다.

4. 영상의 저장(Image data store)

MRI의 필름과 SPECT의 칼라사진을 컴퓨터에 저장하기 위하여 고해상도 칼라 스캐너(Hewlett packard scan Jet II CX/T)를 사용하여 영상을 읽어내고 MRI film 1매에 12개의 단층영상과 SPECT의 칼라사진 1매 내의 30개의 단층영상을 스캔하여 IBM-PC계열 486 DX2-66 (VESA IDE LOCAL BUS, 2Mbyte-SVGA, RAM-16MByte)에서 컴퓨터 모니터를 보면서 MRI와 SPECT 영상의 위치가 같고 진단적 가치도 있는 합성상에 필요한 영상만을 선택하여 컴퓨터에 입력 하였고 스캔작업이 끝난 후 가장 정확하고 상세한 영상을 볼 수 있도록 영상의 해상도와 대조도를 높이고 색의 밝기를 조정하는 영상 calibration을 하였다. Scale factor는 양쪽 동일하게 100을 주고 brightness는 MRI를 60 % SPECT는 55%를 주었다. 대조도는 흑백은 높이고 칼라는 줄여서 진단적 가치를 향상시켰다. 영상 calibration 내용은 다음과 같다(Table 3).

5. 영상의 재구성 및 출력

본 과정이 합성영상을 묘사하는 데 가장 중요한 부분이며 두 단계의 과정을 거친다. 첫 번째 과정은 MRI와 SPECT영상 각각에서 크기와 모양이 다른 두 영상의

Table 2. MRI and SPECT studies

Patient No.	Sex/Age	MRI Result	Spect Blood Flow	Disease	Hybrid image
1	M/20	N	Normal	Seizure	Normal
2	M/60	"	"	"	" "
3	F/40	"	"	Vertigo	"
4	M/50	"	"	Dysarthria	"
5	M/52	"	"	U/E paresis	"
6	F/50	"	"	"	"
7	M/42	"	"	Vertigo	"
8	F/25	"	"	Normal	"
9	M/31	"	"	"	"
10	M/45	"	"	"	"
11	M/65	Infarction	abnormal	L/E paresis	Both temporal lobes ↓
12	F/58	"	"	"	"
13	M/70	"	"	Rt L/E hemiparesis Lt	"
14	M/75	"	"	"	"
15	F/53	"	"	Vertigo Dysarthria	Both parietal, occipital ↓
16	F/67	"	"	Rt U/E hemiparesis Lt	Lt temporal ↓
17	M/64	"	"	Lt "	Rt "
18	M/47	"	"	Vertigo	Both parietal lobes ↓
19	F/69	"	"	L/E hemiparesis	Both temporal lobes ↓
20	F/61	"	"	Vertigo	occipital lobe ↓
21	F/27	Normal	"	Seizure	Both temporal lobes ↓
22	M/23	"	"	"	"
23	F/71	"	"	Vertigo	Temporal, parietal lobes ↓
24	M/28	"	"	Lt L/E paresis	Rt Temporal lobes ↓
25	M/75	"	"	Seizure	Temporal, parietal lobes ↓
26	M/53	Atrophy	"	U/E paresis	Both parietal lobes ↓
27	M/48	"	"	"	"
28	F/67	"	"	Vertigo	occipital lobe ↓
29	M/63	Hygroma	"	U/E hemiparesis	Both temporal lobes ↓
30	M/65	"	"	"	"

동일점을 찾아 크기와 위치를 맞추기 위해 좌표를 설정하며, 둘째 과정은 색의 조합을 위해 MRI와 SPECT의 영상합성시 필요한 색의 분류(color split)를 하였다. 이에 대한 내용은 다음과 같다.

1) 좌표이용법(coordinates method)

MRI와 SPECT영상에서 뇌피질 부분의 최외곽면을 좌상단과 우하단의 좌표를 설정하여, 그 부분을 선택하고, 두 영상의 합성은 같은 위치와 같은 크기의 영상재

Tale 3. The conditronal factors at image datr acqulStlon

kind	Study	
	MRI	SPECT
Resolution	600dpi	900dpi
Scale Factor	100%	100%
Brightness	60%	55%
Contrast	65%	60%

현이 중요하기 때문에 같은 크기로 재구성하였으며 두 영상을 일치시키기 위해 Aldus photostyler 2.0을 이용하여 영상을 이동, 회전, 확대, 축소시켰다.

2) 색의 조합

좌표이용법에 의해 두 영상의 부위가 일치하도록 재구성된 영상들의 특성, 즉 해부학적 구조와 기능적 정보를 최대한 묘사하기 위해 색의 조합은 24bit의 트루칼라를 이용하였다. 칼라합성에 있어서는 우선 MRI값을 RGB(red, green, blue) 중 녹색으로 중심색을 설정하고 SPECT를 적색 값과 청색 값으로 삼원색을 조합하였다. SPECT에서는 삼원색 RGB 중에 녹색 값을 제거한 후 MR영상(MRI의 적색 값과 청색 값을 빼버린 녹색 값의 영상)에 SPECT의 적색 값과 청색 값을 넣어 합성하였으며 그외 HSB(hue, saturation, brightness), HLS(hue, lightness, saturation), RGB-CMYK(cyan, magenta, yellow, black), CNIYK-CMYK Channel 등이 있다.

그림 1의 (a)영상은 HSB channel로 색이 분류된 SPECT영상에 MRI의 brightness 값을 조합하였으며 (b)의 영상은 RGB channel로 색을 분류하여 분류된 SPECT영상에 MRI의 blue 값을 합성하였다. (c)의 영상은 HLS channel로 색을 분류하여 분류된 SPECT에

MRI의 lightness 값을 조합, (d)의 영상은 색의 분류를 RGB channel에 CMYK channel을 조합하여 black 값을 빼고 MRI를 합성하였다. (e)의 영상은 색의 분류를 CMYK channel SPECT에 CMYK channel로 조합하여 black에 MRI를 합성한 영상이다. (f)영상은 color 값으로 계산하여 Computed channel로 조합하였다(그림 1). 흑백 합성영상에 있어서 색의 조합형식은 0%의 백색부터 100%의 흑색까지 256단계로 나눈 색을 사용하고 있다.

MRI는 흑백색에서 70%와 SPECT에서 칼라 RGB 중 blue 성분만을 30% 추출하여 합성한 것이다. 70 : 30의 합성비율은 색도 및 영상의 조화가 해부학적 구조 및 기능의 묘사가 가장 우수하게 나타났다. Blend 방식은 target (완성상) 100%를 soure. 1 (MRI) X 70% -h soure. 2(SPECT) X 30%의 비율로 실시하였다.

3) 출력(output)

좌표선정과 색의 조합과정을 거쳐 완성된 hybrid 영상을 프린터에서 최상의 해상도를 얻기 위하여 고해상도와 빠른 속도의 칼라 프린터(HP Desk J'et 560 K, 600 dpi)를 사용하여 출력하였다. 영상의 크기는 자유롭게 조정이 가능하며 가로 50mm x 60mm로 출력하였다(그림 2, 3 참조).

3. 결 과

이상의 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다. 합성영상은 MR영상과 SPECT 영상으로 모두 재구성하여 그림 2에서 뇌경색 10에는 MR영상의 병변부위의 면적보다 넓게 혈류감소를 보이는 SPECT 영상을 묘사하여 실제의 혈류분포를 관찰할 수 있었다. 사지편마비 20예의 경우, MR영상에서는 병변을 발견할 수 없었으나, SPECT영상에서는 측두엽부위의 한쪽 또는 양쪽에서 혈류감소를 나타내어, hybrid 영상에서는 기능적 혈

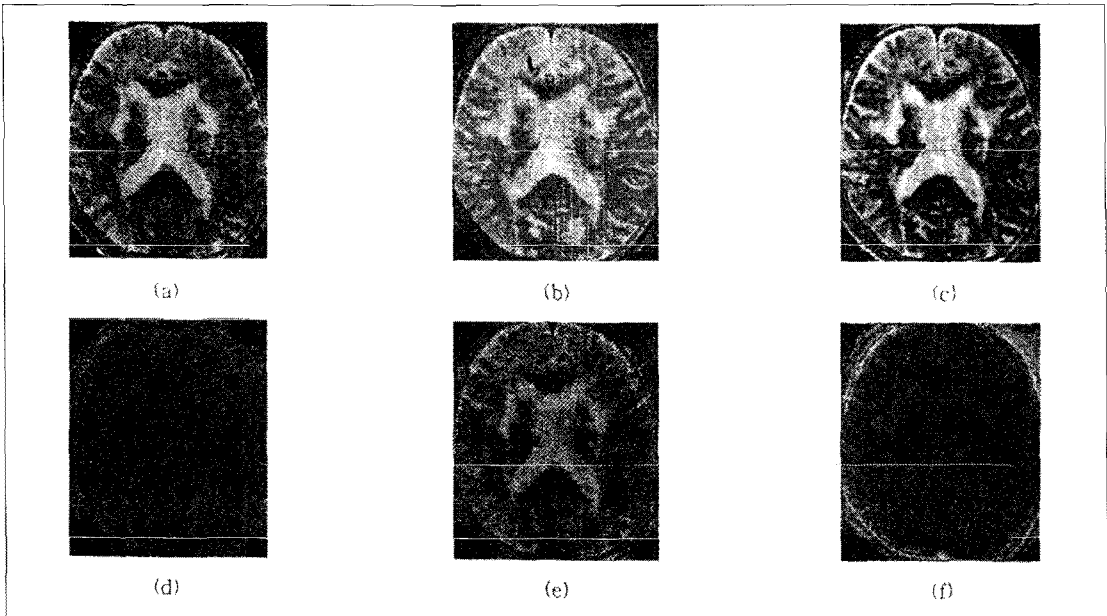


그림 1. 칼라합성영상(a. HSB channel, b. RGB channel, c. HLS channel, d. RGB-CMYK channel, e. CMYK-CMYK channel, f. Computed channel)

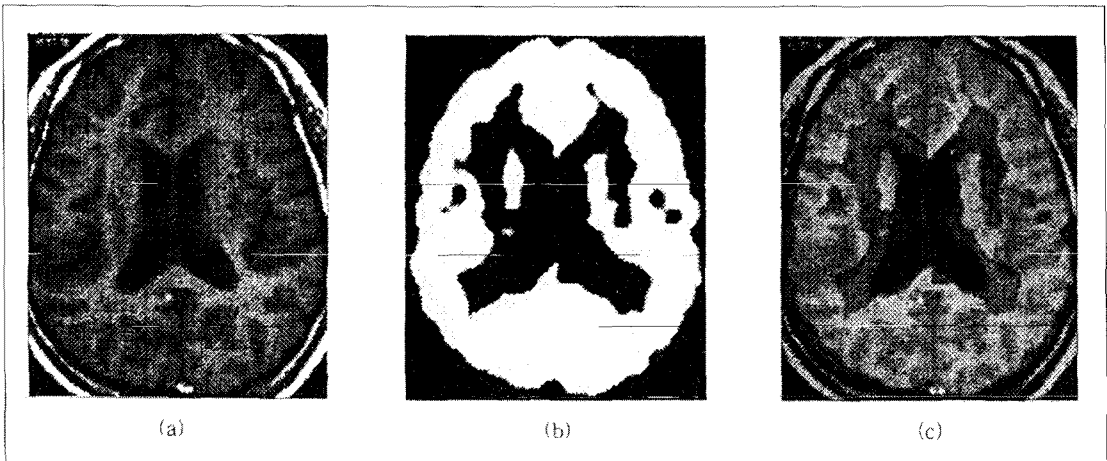


그림 2. MRI보다 SPECT영상이 혈류 감소면적이 크게 나타난다(a. MRI, b. SPECT c. Hybrid)

류감소가 나타남을 해부학적 구조에서 관찰할 수 있었다(그림 3). 또한 MRI에서 병소가 작게 보이나 SPECT에서는 혈류의 감소범위가 크게 나타났다. 합성 영상에서는 병변의 위치와 범위를 정확하게 나타낼 수가 있었고 영상의 색채에 있어서는 흑백 합성영상이 칼라합성영상보다 해상도와 대조도가 좋아 진단적 가치가 우수 하였다(그림 3, 4).

4. 고찰

인체의 해부학 구조를 묘사하는 방사선학 영상과 기능적인 면을 묘사하는 핵의학 영상의 재구성을 통하여 해부학 구조와 기능을 동시에 관찰할 수 있도록 하는 연구가 물리학자와 의학자들에 의해 동시에 연구되어지고 있다. 이에 본 연구에서는 해부학 구조를 고해상도로 묘사하는 MR영상과 인체의 기능적인 면을 잘 관찰할 수 있는 SPECT영상을 Aldus Photostyler software

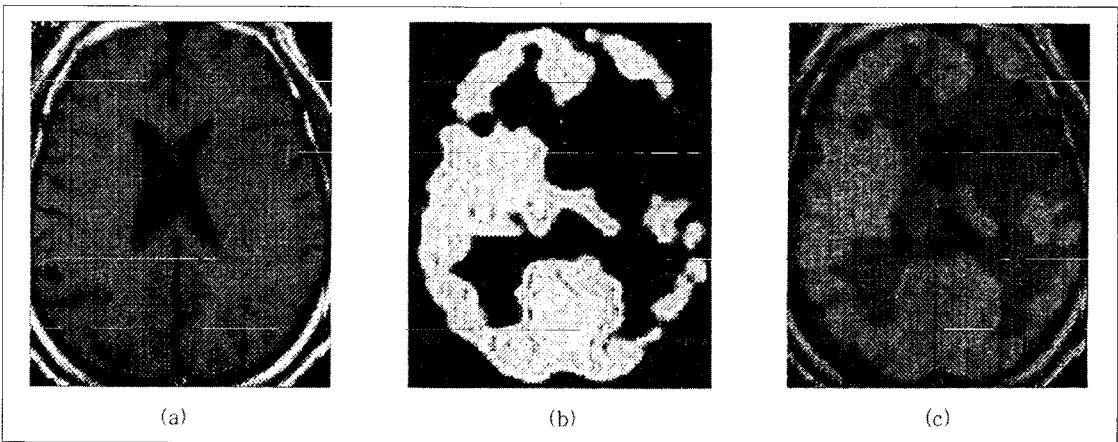


그림 3. MRI에서는 이상이 안보이고 SPECT에서는 양 측두엽에 혈류감소 (a. MRI, b. SPECT c. Hybrid)

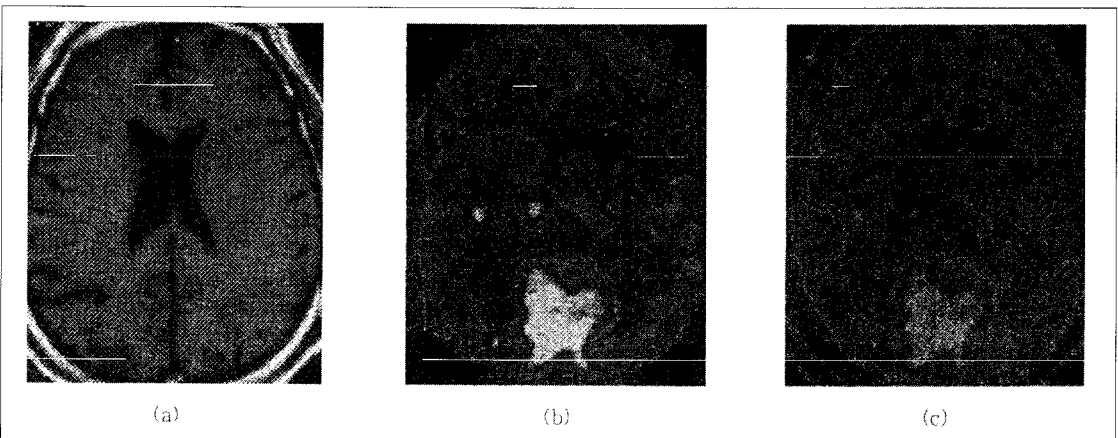


그림 4. 양측두엽 혈류감소, 칼라합성으로 시각적차이 (a. MRI, b. SPECT c. Hybrid)

를 이용하여 영상의 동일부위를 좌표로 선정하여 회전, 이동, 확대, 축소시켜 MR영상과 SPECT영상을 일치시키고⁸⁻¹¹⁾, 색부호화를 함으로써 경계부위를 명확하게 하였으며, 눈에 편안하게 비추어지는 색¹²⁾을 이용하여 가시적 효과를 얻을 수 있었다. 그러나 임상에서는 일반적으로 흑백영상을 진단에 이용하고 있으므로 칼라영상은 일부검사시기에 국한되어 있어 대다수가 흑백영상에 익숙하여 부담이 되었다. 전향성 연구는 영상합성을 고려한 계획된 방법에 의해 검사가 실시되므로 동일 부위도 찾기가 쉽고 좌표선정과 회전이 유리하겠으나, 이미 촬영하여 보관된 필름을 이용하여 합성영상을 묘사하는 후향성 연구는 환자의 자세, 두께, 간격 등이 전향성 연구에 비해 영상 재구성 과정에서의 문제점이 많다. 이런 여러가지 방법에 의해 재구성된 영상은 현재 외국에서 이용되어지고 있다. 특히 신경외과, 치료방사선과 영역에서 수술 계획, 치료 계획¹³⁻¹⁶⁾을 위해 합성영상이 이용되고 있으며 최근에 개발된 Gamma Knife는 미세한 뇌종양의 치료가 가능하기 때문에 보다 정확한 계획이 요구된다. 즉 합성영상을 이용하여 보다 명확한 병변부위의 경계를 설정하여 방사선치료 계획에 적극 이용 될 것으로 사료된다.

Levin¹⁵⁾ 및 여러 저자들은 두개골과 뇌와의 관계, 병변의 크기와 실제 기능 부위를 알아보기 위해 합성영상을 만들었고, 수술 및 치료 계획설정에 일익을 담당하였으며, 기능과 구조에 관련있는 문제를 해결할 수 있는 정량적 분석방법 (quantitative analysis method)이라는 평가를 받았다.¹⁶⁻²²⁾ 복부영역에서도 외과적 수술 및 방사면역치료(radioimmunotherapy)를 실시하기 위해 MRI, CT와 SPECT영상의 합성영상 이용이 가능할 것이다. 이 영상을 통하여 인체 해부학적 구조와 기능적인 면을 동시에 관찰할 수 있으며 색부호화로 가시적 효과를 증대시킬 수 있으므로 진단에 많은 도움이 될 것이다.

개인용 컴퓨터와 스캐너만 있으면 손쉽게 이용 할 수 있으며, 방사선학 영상과 핵의학 영상을 많이 경험하지 못한 임상 의들에게도 부담없이 보여질 수 있고, 뇌의 기능적인 부위를 합성영상을 통하여 관찰 할 수 있을 것이다. 본 연구는 PACS(picture archiving and communication system)²³⁾를 설치운영하는 곳의 workstation에서 실시하면 진단 범위가 넓을 것으로 사료되며, 국내에서도 CT와 SPECT, PET와 MRI의 합성영상에 많은 관심과 연구가 이루어지고 있으며 향후 큰 발전이 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. Zhang H, Levesque MF : Multimodality imaging of brain structures for stereotactic surgery. *Radiol* 1990; 75 : 435-441
2. 이준일 : 핵의학 기초학, 대학서림, 444-452 1993
3. Crowe EJ, Sharp PF : Effectiveness of colour in displaying radionuclide image. *Med Biol Eng Comput* 1988; 26 : 57-61
4. Weiss KL, Stiving SO : Hybrid color MR imaging display. *AJR* 1987; 149 : 82E-g29
5. Wells MG, Sharp PF : Principles and appraisal of combined images from NMR. *Med Biol Eng Comput* 1989; 27 : 277-280
6. Kosssovsky SM : The Psychology of visual displays. *Invest Radiol* 1989; 24 : 417-419
7. Barillot C, Lemotne C : Data fusion medical imaging : merging multimodal and multipatient images. Identification of structure and 3D display aspects. *Radiol* 1993; 117 : 22-27
8. Evans AC, Berl C : Anatomical-functional

- correlation using an adjustable MRI based region of interest atlas with Positron Emission Tomography. *J of Cereb Blood Flow Metab* 1,8, 513-530 1990
9. Tjuvajev JE, Macapinlac HA . Imaging of brain tumor proliferative activity with Iodine- I31-iododeoxyuridine. *J of Nucl Med* 1,35 : 1407-1418, 1994
 10. Levyn DN, Xiaoping H : The brain : Integrated three-dimensional display of MB and PET images. *Radiol* 172 : 783-789, 1989
 11. Lelzarr Ca, Chen GTY : Registration of multiple diagnostic imaging scans using surface fitting. Amsterdam, Elsevier science publisher, 437-440, 1987
 12. Levyn DN, Pelzarr CA : Retrospective geometric correlation of MR, CT and PET images. *Radiol* 169: 817-823 1988
 13. Vaoner MVJ, Rckman D : Multispectral and color-aided displays. *Invest Radrol*, 24 : 88-91 1989
 14. Peters TM, Clark JA, Olivier A, et al. Integrated stereotactic imaging with CT, MR and digital subtraction angiography. *Radiol*, 161 : 821-826, 1986
 15. Scott AM, Macapinlac HA : Clinical validation of SPECT and CT/MRI image registration in radiolabeled monoclonal antibody studies of colorectal carcinoma. *J Nucl Med*, 35,12 : 1976-1984 1984
 16. Comely A, Jackson GD : Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system. *Radiol* 188 : 125-130, 1993
 17. Veber DA, Ivannovc M : Correlative image registration. *SINM* 4 : 431 1-323, 1994
 18. Mountz JM, Zhang B : A reference method for correlation of anatomical and functional images. *Validation and clinical application*. *SINM* 4 : 12-16 1993
 19. Lloyd GAS, Barker PG' Subtraction gadolinium enhanced magnetic resonance for head and neck imaging. *BR J Radiol* 66 : 12-16, 1993
 20. Van Essen DC, Maunsell JHR' Hierarchical organization and functional streams in the visual cortex *Trends in Neuro Sciences* 6 : 370-375 1983
 21. Kessler ML' Correlating NMR and X-ray CT imaging for therapy planning. *Proc Soc Magn Reson Med* 1 : Vol. 1, 309(abst), 1987
 22. Levin DN, Hu X, Tan KK, Galhotra S : Surface of the brain' three-dimensional MR images created with volume-rendering. *Radiol* 171 : 277-280, 1989
 23. 최형식, 김용민 : 대형 병원에서의 PACS 구현 미국 메디간 육군병원 사례. 대한 방사선의 학회지 29, 30, 1993
 24. Rehm K, Strother SC : Display of merged multi-modal brain images using interleaved pixels with independent color scale. *J Nucl Med* 3E,181E-182E, 1994