

## Using MIM Software 3-D PET / CT imaging for the evaluation of radiation therapy on the clinical application of research

SangHo Lee

*Department of Nuclear medicine, Dongnam Institute of Radiological & medical Sciences*

# MIM 소프트웨어를 이용한 3-D PET/CT 영상의 방사선치료 평가를 위한 임상적용에 관한 연구

이상호

동남권원자력의학원

### Abstract

In this study, through the additional information of the PET / CT images by utilizing the basic data of TPS clinical application on the basis of the image re-forming synthetic function, the True-D technology and MIM software for continued research and development in combination, based on the combination-work between the respective images, reducing the time and cost of useful reading in clinical wide use of image width, efficient, effective tool for tumor targeting at diagnosis and radiation therapy by use as, by using the precise therapeutic effect determination, the time taken to read in the clinical, unnecessary and expect to a can reduce the additional examination by the creation of tumor patients read reports and PACS such as We expect to be utilized for compatibility development with other software to evaluate the performance of PET / CT equipment.

Key Words : PET/CT, True D, Time point analysis

### 요약

본 연구는 PET/CT의 이미지 추가 정보를 통해 이미지 재형성과 합성기능을 바탕으로 TPS 임상 적용과 기초 자료 활용 및 지속적인 연구 개발을 위하여 True-D 기법과 MIM 소프트웨어를 접목하여 각각의 영상 간 합성 작업을 기반으로 이미지의 폭 넓은 활용으로 임상에서 판독에 소요되는 시간 및 비용을 줄이고 효율적 진단 및 방사선치료 시 종양 표적 결정에 유효한 도구로 사용하고자 함이며 정밀한 치료효과 판정에 활용하여 임상에서 판독에 소요되는 시간과 불필요한 추가 검사를 줄일 수 있을 것으로 기대하며 종양환자 판독 보고서 작성 및 PACS 등 타 소프트웨어와의 호환성 개발로 PET/CT 기기의 성능평가에 활용 될 것으로 기대한다.

중심단어: PET/CT, True D, 시점분석

## I. INTRODUCTION

PET/CT는 PET와 CT가 융합 형태로 개발되면서 CT를 이용한 감쇄보정으로 검사시간의 단축과 병변의 정확한 위치파악이 용이해져 핵의학 영상은 영상장비와 영상처리 기술의 발달로 분자영상 기법으로까지 발전을 거듭하였으며, PET/CT는 생체내에 양전자를 방출하는 방사성동위원소로 표지된 방사성의약품을 투여한 후 체내의 기능이나 대사능을 영상화하는 장비이다. 국내의료기관에 설치된 PET/CT가 최근에 급격하게 증가하고 있다. 이에 따른 종양진단과 치료에 활용하기 위한 PET/CT 검사건수도 매년 증가함으로써 PET/CT 성능평가와 정도관리 방법의 개발의 필요성이 증대되고 있다.<sup>[1-2]</sup> 본 연구는 Positron Emission Tomography/Computed Tomography(PET/CT)의 이미지 및 추가 정보를 통해 이미지 재형성(Reformable Registration)을 통한 합성기능(fusion)을 바탕으로 방사선 치료 계획 준비단계 및 추적 단계에서의 종양 윤곽의 참고 자료 생성 및 자동 윤곽 기능 정립으로 사용자 편의성 향상과 오류감소를 목적으로, PET/CT 영상과 방사선 치료 간의 상호 호환 프로세스 정립을 위해 복잡한 방사선 종양학과의 전자차트, 치료계획 소프트웨어, MIM 소프트웨어 등과의 연동을 통해 사용자가 하나의 소프트웨어에서 다른 데이터를 활용할 수 있는 방안이 국내 핵의학에서의 도입이 절실히 필요한 상황이다. 방사선항암화학요법 중 PET/CT는 방사선 치료계획에 부가적인 정보를 제공해주며, 방사선 치료 중 종양 반응 평가의 잠재적 가능성을 가진다<sup>[3]</sup>. TPS 임상 적용과 기초 자료 활용 및 지속적인 연구 개발을 위하여 MIM software를 이용한 이미지의 폭 넓은 활용으로 임상에서 판독에 소용되는 시간 및 비용을 줄이고 효율적 진단 및 RT volume결정하고자 함이며, 국내에 도입된 다양한 PET/CT 장비의 RTvolume GTV, CIV, PTV 결정(ICRU report 50, 62) 및 활용 정립으로 시간 대비 효율 향상으로 인한 비용절감과 방사선 치료 장비에 대한 호환성 정립으로 PET/CT의 진단과 치료의 정밀도 향상 기능 방안을 제시하고, 이미지 재형성(Reformable Registration) 과 자동 윤곽 정보 (Auto Contouring) 구현에 대한 배경자료 및 논문자료 수집으로 기초자료 활용 및 지속적인 연구의 토대를

마련코자 함이며, True-D 기법과 더불어 MIM software의 연구 영상들을 임상에 적용하고 다수의 시점분석(time point analysis)을 평가로 효율적 진단 및 RT volume 결정에 있어서 정밀한 치료효과 판정 적용을 3차원 영상으로 치료 전.후 volume변화 분석과 대 환자 설명이 용이하게 함을 본 연구 개발의 목적으로 한다.

## II. MATERIALS AND METHOD

### 1. 연구 대상

연구의 대상 및 방법으로는 부산 지역 내 D병원내 내원하여 follow-up을 받고 있는 170명의 환자 중 PET/CT(Siemens mCT64), SPET(Siemens Symbia E), MRI(Philips 3.0T), CT(Philips 256channel) 등의 각종 검사를 받은 환자들을 대상으로 True-D 기법을 통한 3D 영상화 작업을 수행하여, 각각의 영상 간 Fusion 작업과 MIM contouring tool을 기반으로 한 PET edge, Therapy Response Work flow 및 Static viewer 작업을 수행하고, PET/CT, SPET, MRI, CT 등 각종 검사 시행이력이 있는 환자들을 대상으로 치료에 대한 반응을 평가하는 반자동 프로세싱 customizable work flow를 시행하여, 다수의 시점분석(time point analysis)을 True-D tool을 이용하여 Lung, Liver, bone 등의 질환별 170건의 영상의 3-D 작업을 평가하였다.

### 2. True-D tool을 이용한 질환별 영상의 3-D작업시행

Fig. 1은 PET/CT, SPETCT, MRI, CT 등의 각종검사를 받은 암 환자들을 대상으로 True-D tool을 이용하여 Lung, Liver, bone 등의 질환별 영상의 작업을 시행하여 스캔과 동시에 실시간으로 진단에 필요한 3차원 영상이 의뢰한 진료과에 보내져, 환자와 의사간의 입체적인 해부학적 영상을 직접보면서 구체적인 대화나 의견교환을 쉽게 하여, 보다 빠르고 정확한 진단과 치료에 도움을 되고자 하였다.

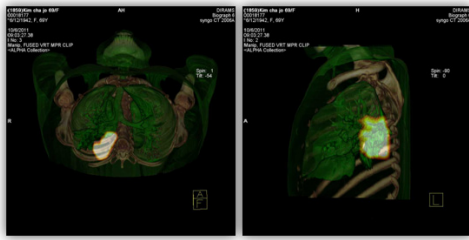


Fig. 1. Lung cancer in patients with True-D VRT Course.

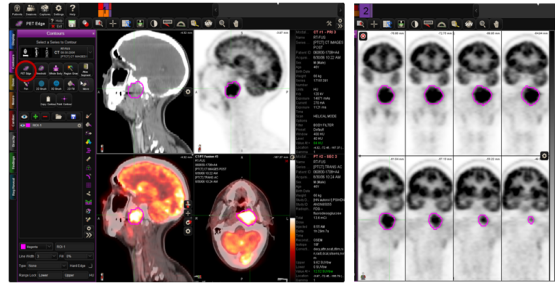


Fig. 3. Auto contouring process of PET edge.

3. MIM software의 Auto contouring tool을 사용하여 Threshold Value와 SUV 평가

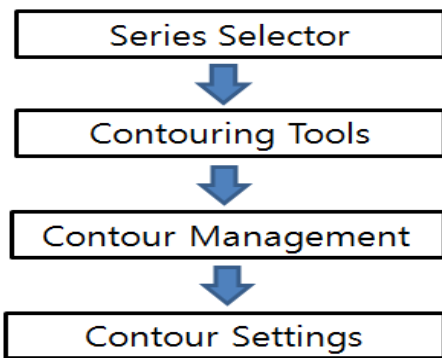


Fig. 2. Use the Auto contouring tool of MIM software gks Threshold Value and the SUV evaluation process

Fig. 2은 True-D 작업 환자들을 대상으로 MIM software의 Auto contouring tool을 사용하여 PET edge의 spatial derivative technique(공간과생 기술)로 PET/SPECT 영상의 종양의 변연부 및 외사가 많이 진행된 병변의 Threshold Value와 SUV를 평가할 수 있으며 Series Selector에서는 MIM 화면에 다수의 시리즈 또는 fusion이 디스플레이 되면 화면과 같은 시리즈 Selector를 이용하여 contour할 시리즈를 선택할 수 있으며, 선택 후 저장된 RT struct가 적용된다. Contouring tools은 모든 Contouring 도구는 Contouring Sidebar에 있으며 툴 모드에 접속되고 Contour를 생성할 수 있다. Contour Management는 새로운 Contour 생성, contour 삭제, RT struct 로딩 및 저장, 화면에서 contour 숨기기 또는 보이기 기능을 제공한다. Contour Settings는 Contours Sidebar의 세팅 섹션에 Contour라벨 및 세팅이 디스플레이 된다.

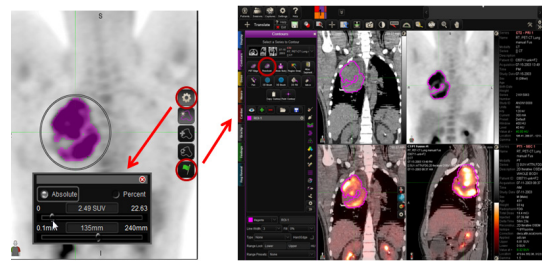


Fig. 4. Threshold value of the Auto contouring process.

4. 병변에 따른 이미지 작업화 시행

대상 환자들의 PET/CT, SPECT, MRI, CT등의 영상들을 서로 fusion 하는 작업 수행하고 각 환자들의 병변에 따른 이미지 작업화를 시행하였다.

4.1 합성이미지 생성(Create Fusion)

Fig. 5와 Fig. 6은 PET CT와 MRI영상의 합성이미지로서 합성할 이미지 볼륨을 로딩한 후 MIM 툴바의 Create Fusion 버튼을 눌러 합성이미지를 생성하였으며 True-D 이미지는 볼륨만 비교하는 반면에 MIM software를 이용한 종양의 크기 변화 및 SUV값으로 치료 평가를 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

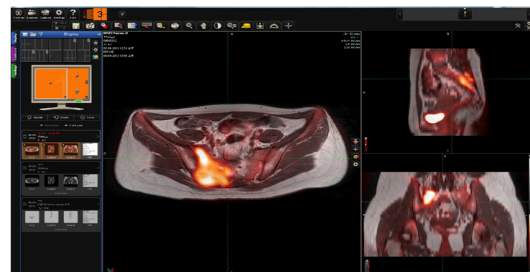


Fig. 5. Image synthesis of PET / CT and MRI image.



Fig. 6. The new Fusion is displayed, Rigid Assisted Alignment begins.

#### 4.2 합성 이미지 조정(Fusion Control)

Fig. 7.은 이미지 합성 및 합성된 이미지 디스플레이 시 기능을 사용하여 합성된 이미지를 조정할 수 있으며 커서가 합성 이미지 볼륨위에 위치할 때 각 view 우측에 4개의 버튼으로 이미지를 조정할 수 있다.

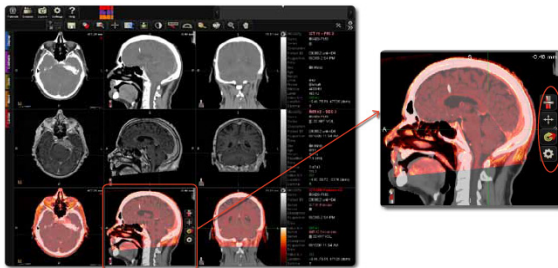


Fig. 7. Lung cancer in patients with True-D 3-D VRT Course.

#### 5. Customizable work flow 시행하여 다수의 시점분석 평가

Fig. 8.은 부산지역 D병원을 내원하여 Follow up을 받고 있는 환자들을 대상으로 치료에 대한 반응을 평가하는 반자동 프로세싱 customizable work flow를 시행하여 다수의 시점분석(time point analysis)을 평가할 수 있으며, 이미지의 폭 넓은 활용으로 임상에서 관독에 소요되는 시간 및 비용을 줄이고 효율적 진단 및 방사선치료 시 종양 표적 결정에 유효한 도구로 사용하고 자 함이며 정밀한 치료효과 관정에 활용하여 임상에서 관독에 소요되는 시간과 불필요한 추가 검사를 줄일 수 있을 것으로 기대하며 종양환자 관독 보고서 작성 및 PACS 등 타 소프트웨어와의 호환성 개발로 PET/CT 기기의 성능평가에 활용 될 것으로 기대한다.

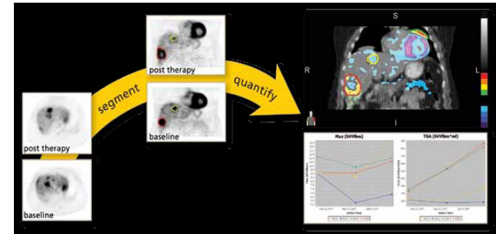


Fig. 8. The new Fusion is displayed, Rigid Assisted Alignment begins.

#### 5.1 Process method

Fig. 9.는 비교 대상의 PET/CT data를 선택, 필요 시 baseline study로서 RT struct를 선택하면 work flow를 시작 할 수 있으며, 이미지를 로딩하면 이전의 CT가 fusion 되어 디스플레이 되며 정렬을 확인될 때까지 work flow가 보류되며 이때 전 PET/CT segmentation을 할 수 있다. 정렬 확인 후 Notification Area의 Resume 버튼을 누른다. 사전에 로딩 된 RT struct가 없을 경우, 전 PET/CT segmentation을 위해 work flow가 보류된다. 전 PET로부터 현재 PET로 contour가 복사된다. 현 PET/CT segmentation을 위해 work flow 중단되며 contour selector를 실행하여 contour 사이에서 변환 시킨다. 최종 레이아웃이 적용되며 다수의 레이아웃 페이지를 디스플레이 할 수 있다. Statistics viewer가 실행되며, 전 및 현재 PET contour가 RT struct로서 저장되어 향후에 사용 될 수 있다.

The screenshot displays two tables of statistics. The top table is for PT (SUvibm) and the bottom table is for CT (HU). Both tables show 'Max (SUvibm) Value', 'Max Slice (H) Value', 'Mean (SUvibm) Value', and 'Mean Ratio (I) Value' for various lesions (LESION1 to LESION8) at different time points (02-05-2007, 02-12-2007, 03-05-2007, 03-12-2007, 03-26-2007, 04-09-2007, 04-23-2007). The values represent the percentage change in SUV values over time.

Fig. 9. The course of Therapy Response & Statistics Table.

### 5.2 Subtraction

소프트웨어에서 (PRI-SEC)/SEC로 표시되는 Percent change 즉 (1차 볼륨-2차볼륨)/2차볼륨, 및 Value subtraction 이미지가 전 (2차) 및 현재 (1차) PET 스캔 이미지 사이에서 생성된다. 빨간색/초록색 부분은 전 PET 대비 현재 PET로서 tracer 농도가 증가하게 되며, 파란색/자주색 부분은 전 PET 대비 현재 PET로서 tracer 농도가 감소하게 된다. Liver 또는 Blood pool과 같은 표준 정규화 된 Subtraction 결과를 정규화 된 구조차이를 비교함으로써 SUV consistency study 평가 시 사용할 수 있다. 정렬을 검증하고 PET 스캔된 부분의 어느 부분이 감해졌는지를 검증하는 것은 중요한 검증 절차이다.

### 5.3 Statics viewer (통계 뷰어)

본 기능은 contour 통계를 그래픽 또는 표 형식으로 분석할 수 있는 도구로서 statics viewer는 새 윈도우 창에서 열리고 현재 디스플레이 된 각 시리즈에 대한 contour를 보여준다. 페이지를 바꾸거나 다른 시리즈가 열리면 statistics viewer 내용이 이에 따라 업데이트 되며, 3D 형식으로 볼 수 있다.

## III. RESULT

부산 지역 내 D병원에 내원하여 PET/CT(Siemens mCT64), SPET(Siemens Symbia E), MRI(Philips 3.0T), CT(Philips 256channel) 등의 각종 검사 시행 이력이 있는 환자들 중 PET/MRI, SPECT/CT 등 약 170건의

fusion 영상을 연구하고, True-D 기법과 MIM software의 연구 영상들을 임상에 적용하고 다수의 시점분석 (time point analysis)을 평가로 효율적 진단 및 정밀한 치료효과 판정에 적용하고자 하였으며, PET/CT의 치료계획시스템(TTS)의 임상적용을 위해 PET/CT 영상의 상호 호환 프로세스를 정립하는 단계로서 MIM software의 setting 및 Training을 추진하였으며 이를 바탕으로 영상 호환 시 발생할 수 있는 오류를 해결 및 효율적인 프로세스를 정립하였으며, MIM contouring tool의 사용으로 PET, SPET, CT, MRI 등의 다양한 이미지에 신속한 3D 방법을 적용하였으며, MIM contouring tool을 이용 시 생성된 contour 구조를 세 개의 Plan에서 편집하여 효율적 RT Volume을 결정하였다. PET/SPET 변연부 Contour 기능 수행 시, PET edge 사용으로 contrast 세팅에 관계없이 변연부 강도 변화에 기초하여 중앙 주변의 3D contour를 자동으로 생성하여 True-D 기법과 MIM software의 영구 영상들을 임상에 적용하고 다수의 시점 분석 (time point analysis)을 평가로 효율적 진단 및 정밀한 치료효과 판정에 적용하여, PET/CT 영상의 방사선 치료(RT)와 상호 호환 프로세스 정립으로 치료계획 시스템 소프트웨어에서 제공하는 정보의 표준화된 적용이 실현되었다.

## IV. DISCUSSION

PET/CT 는 병변을 기능, 해부학적으로 평가함으로써, 좀더 작은 병변을 발견하고, 방사선 치료의 Volume을 정확하게 평가하는데 도움이 된다. 또한 CT에서 포함되지 않는 부위의 원권전이 및 PET/CT 검사 전 혈당이 높은 경우(> mmg/dl) 혹은 2cm 이하의 작은 병변도 발견 할 수 있다<sup>[4-7]</sup>. PET / MRI 스캐너는 완벽하게 통합 된 선택된 부서에서 동적 조영의 증강과 관전류의 두 순차적 평가로 기능적 이미징을 사용할 수 있으며, 게시된 데이터는 화상 융합을 통하여 암의 재발 및 전이성 림프절 평가에 도움이 될 것을 나타낸다. 미래의 연구는 하이브리드 PET / MRI 는 PET / CT 와 회고 영상 융합 기술보다 더 큰 임상적 가치가 있는지 여부를 표시할 수 있다<sup>[8]</sup>. 수동 및 일정한 임계값의 양전자 방출 단층촬영 세그멘테이션의 경사에 대한 정확성 및 일관성 평가에서 그래데이션



대상 볼륨 윤곽에 대한 일관성 있는 정확한 기술로 그 라테이션도 영상 조건을 변화시키는 요소로 나타났으며, gradient는 방사선 치료계획 및 중앙 반응묘사 평가의 중요한 역할 가능성이 있다<sup>[9-12]</sup>.



Fig. 10. Image re-synthesis clinical applications using the MIM software.

본 연구의 기대효과 및 활용방안으로는 True-D 기법과 더불어 MIM software를 접목하여 이미지의 폭 넓은 활용으로 임상에서 판독에 소요되는 시간과 불필요한 추가 검사를 줄일 수 있을 것으로 기대하며, 효율적 진단 및 정밀한 치료효과 판정에 활용하여, 중앙 환자 판독 보고서 작성 및 PACS 등 타 소프트웨어와의 호환성 개발로 PET/CT 기기의 성능평가에 활용될 것으로 기대하며, PET/CT 영상의 방사선 치료(RT)와 상호 호환 프로세스 정립으로 치료계획 시스템 소프트웨어에서 제공하는 정보의 표준화된 적용이 실현되어, 3차원 영상으로 치료 전,후 분석과 대 환자 설명이 용이 할 것으로 사료되며, 향후 Auto-Percist와 연동하는 방사선치료효과 연구가 필요합니다.

## V. CONCLUSION

Multi Modality 영상 간의 합성 기능과 이미지 재형성 기능의 향상으로 방사선 치료 계획 준비단계 및 추적 단계에서의 사용자 편의성 향상 및 오류 감소시킴으로서 PET/CT 영상의 방사선 치료(RT)와 상호 호환 프로세스 정립으로, 치료계획 시스템 소프트웨어에서 제공하는 정보의 표준화된 적용을 실현할 수 있으며, 국내에 도입된 다양한 PET/CT 장비의 RT volume 결정 및 활용 정립으로 시간대비 효율 향상으로 인한 비용 절감을 실현할 수 있을 것으로 사료되며, 환자과의사간의 입체적인 해부학적 영상을 직접 보면서 구체적인 대화나 의견교환을 쉽게 하여, 보다 빠르고 정

확한 진단과 치료에 도움을 주고, 임상적으로 효용성을 높일 수 있는 3D 영상화의 표준화된 가이드라인을 제시하여, 다기관 협동 연구를 통한 국가적 네트워크 구성 및 관리 체계를 마련하여 보다 정확한 진단 및 방사선 치료를 기대 할 수 있을 것으로 판단되었다.

## Reference

- [1] Hyesun An, Hoonheu Park, GyeHwan Jin " Performance measurements of Positron Emission Tomographs using NEMA NU 2-2007" The Korean Society of Radiology Vol. 3, pp 13-21, 2009.
- [2] Moon Youngpan. "A Study on the Introduction and Utilization of PET/CT & Cyclotron in the Case of University Hospitals" Dept. of Business Administration Graduate School of Business Administration, Inje University, 2009.
- [3] Kiho Seol "PET/CT Planning during Chemoradiotherapy in Esophageal Cancer", The graduate School Kyungpook National University, pp.23-27, 2013.
- [4] Michi P, Pauls S, Gress TM, "Evidence-based diagnosis and staging of Pancreatic cancer.", Best Pract Res Clin Gastroenterol, Vol. 20, pp.227-251, 2006.
- [5] Diederichs CG, Staib L, Glatting G, Beger HG, Reske SN, PEG PET "elevated plasma glucose reduces both uptake and detection rate of pancreatic malignancies", J Nucl Med , Vol. 39, pp.1030-1033, 1998.
- [6] Zimny M, Bares R, Fass J, et al, "Fluorine-18 fluorodeoxy-yglucose positron emission tomography in the differential di-agnosis of pancreatic cacinoma: a report of 106 cases", Eur J Nucl Med , Vol. 24, pp.678-682, 1997.
- [7] Lindholm P, Minn H, Leskinen-Kallio S, Bergman J, Ruotsalainen U, Joensuu H, "Influence of the blood glucose concentration on FDG utake in cancer-aPET studys", J Nucl Med, Vol. 34, pp.1-6, 1993.
- [8] Loeffelbein DJ, Souvatzoglou M, Wankel V, Martinez-Moller A, Dinges J, Schwaiger M, Beer AJ. "PET-MRI Fusion in Head-and Neck oncology. Current Status and Implications for Hybrid PET/MRI", J Oral Maxillofac Surg, Vol. 70, No. 2, pp.473-83, 2012.
- [9] Maria Werner W, "Multiobserver validation of gradient-based method using a NSCLC digital PET pahntom", Int J Radiat Oncol Biol Phys, Vol. 82, No. 3, pp.1164-71, 2012.
- [10] Zheng Y, Syh J, Yao M, Wessels B, "An automatic method for PET target segmentation using a lookup table based on volume and concentration ratio". Technol Cancer Res Treat, Vol. 9, No.

3, pp. 243-52, 2010.

- [11] MIM vista Corp, Cleveland OH, "Evaluation of An Intensity-Based Free-From Deformable Registration Algorithm". Medical Physics, Vol. 34, No. 6, pp. 2353-2354, 2007.
- [12] Mariangela La M, Francesco F, Maurizio A, Marco C, Stefano G, Vitali P, Antony J L, "Systematic evaluation of three different commercial software solutions for automatic segmentation for adaptive therapy in head-and-neck, prostate and pleural cancer", Radiation Oncology, Vol. 7, pp.160, 2012.