

Original Article

Fusion & Maximum Intensity Projection 3D 재구성 영상에서 Region Cut Subtraction의 유용성

삼성서울병원 핵의학과

문아름 · 지용기 · 최성욱 · 이 혁 · 이규복 · 석재동

Usefulness of Region Cut Subtraction in Fusion & MIP 3D Reconstruction Image

A Reum Moon, Yong Gi Chi, Sung Wook Choi, Hyuk Lee, Kyoo Bok Lee and Jae Dong Seok

Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: PET/CT combines functional and morphologic data and increases diagnostic accuracy in a variety of malignancies. Especially reconstructed Fusion PET/CT images or MIP (Maximum Intensity Projection) images from a 2-dimensional image to a 3-dimensional one are useful in visualization of the lesion. But in Fusion & MIP 3D reconstruction image, due to hot uptake by urine or urostomy bag, lesion is overlapped so it is difficult that we can distinguish the lesion with the naked eye. This research tries to improve a distinction by removing parts of hot uptake. **Materials and Methods:** This research has been conducted the object of patients who have went to our hospital from September 2008 to March 2009 and have a lot of urine of remaining volume as disease of uterus, bladder, rectum in the result of PET/CT examination. We used GE Company's Advantage Workstation AW4.3 05 Version Volume Viewer program. As an analysis method, set up ROI in region of removal in axial volume image, select Cut Outside and apply same method in coronal volume image. Next, adjust minimum value in Threshold of 3D Tools, select subtraction in Advanced Processing. It makes Fusion & MIP images and compares them with the image no using Region Cut Definition. **Results:** In Fusion & MIP 3D reconstruction image, it makes Fusion & MIP images and compares them by using Advantage Workstation AW4.3 05's Region Cut Subtraction, parts of hot uptake according to patient's urine can be removed. Distinction of lesion was clearly reconstructed in image using Region Cut Definition. **Conclusion:** After examining the patients showing hot uptake on account of volume of urine intake in bladder, in process of reconstruction image, if parts of hot uptake would be removed, it could contribute to offering much better diagnostic information than image subtraction of conventional method. Especially in case of disease of uterus, bladder and rectum, it will be helpful for qualitative improvement of image. (*Korean J Nucl Med Technol* 2010; 14(1):18-23)

Key Words : Fusion & MIP, Hot uptake, Region Cut Subtraction

서 론

PET/CT 검사는 인체의 생화학적 변화를 영상화하여 암을 초기에 진단하고 미세한 변화를 찾을 수 있는 장점이 있어 각종 암의 조기진단 및 종양의 진단뿐만 아니라 자궁경

부암이나 난소암 등과 같은 부인암에 널리 사용되고 있다.¹⁾ 부인과 암의 방사선적 진단에는 과거에 많이 사용되었던 경정맥신우촬영(IVP), 대장바륨촬영 등의 이용은 감소하는 추세이고, 대신 최근 임상에서 적극적으로 사용되고 있는 단층촬영 즉 초음파(US), 컴퓨터단층촬영(CT), 자기공명촬영(MRI), 양전자방출단층촬영(PET) 등이 종양의 진단, 병기 결정, 치료효과의 판정, 감별진단 등에 이용되고 있다.²⁾ PET는 가장 최근에 도입된 검사 방법으로, 암세포의 당의 분해 작용이 활발한 것을 이용한 당유사체인 2-¹⁸F-Fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG)를 투여하여 생화학적 변화를 관찰하

• Received: January 4, 2010. Accepted: January 18, 2010.
• Corresponding author: A Reum Moon
Department of Nuclear Medicine, Samsung Seoul Hospital
Ilwon-Dong, Kangnam-ku, Seoul, 135-710, Korea
Tel: +82-2-3410-2637, Fax: +82-2-3410-2639
E-mail: areum2.moon@samsung.com

기 때문에 해부학적 크기만으로 진단하는 CT나 MRI에 비하여 재발암과 암의 조기진단에 유리하다고 보고되고 있으며, 치료 효과의 판정 및 예후 판정 등의 분야에서도 폭넓게 연구되고 있어 임상적 이용도 증가하고 있다.²⁾ 특히 PET와 CT를 융합한 Fusion PET/CT 영상이나 각 단면 영상의 투영선상의 화소 중 최대 신호강도 부분만을 선택하여 2차원 PET영상을 3차원 영상으로 재구성한 최대강도영상(Maximum Intensity Projection, MIP)은 인체의 전체적인 병변을 한 눈에 파악하는 데 유용하게 쓰이고 있다. 하지만 Fusion & MIP 3D 재구성 영상에서 ¹⁸F-FDG의 생리적 배출로 인하여 방광에 모인 소변이나 배뇨기능의 장애로 소변을 인위적으로 배출해 주는 요루주머니(urostomy bag)에 의한 열소(hot uptake)가 나타나 병변과 겹쳐지기 때문에 육안으로 소변 섭취와 병변을 구별하는 데 어려움이 있다. 또한 최근 많은 관심을 받고 있는 metabolic tumor volume 측정과 골반강에 악성 종양이 있는 부인과 암의 환자에서 원발 병변의 SUV_{max} 측정에도 문제가 있을 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점으로 인하여 나타나는 소변 섭취의 열소(hot uptake) 부위를 제거하여 병변과의 분별력을 향상하고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 연구대상

2008년 9월부터 2009년 3월까지 본원에서 PET/CT 검사를 실시한 환자 중 자궁, 방광, 직장암 등 골반강에 악성 종양이 있는 부인과 질환으로 방광 내 잔존하는 소변량이 많

아 분석 프로그램 사용 전후의 현저한 차이를 보이는 환자들을 대상으로 하였다.

2. 분석장비

GE사의 Discovery LS PET/CT Scanner로 PET/CT 검사를 실시하였고, 분석장비는 GE Medical Systems의 Advantage Workstation AW4.3 05 버전 Volume Viewer 프로그램을 사용하였다.

3. 분석방법

- 1) Volume Viewer 프로그램을 실행하여 axial volume 영상에서 Scalpel을 선택한다(Fig. 1).
- 2) 소변과 같이 제거할 부위에 ROI (region of interest)를 설정한다(Fig. 2).
- 3) Region Cut Definition에서 Cut Outside를 선택하여 소변 부위 영상만 남긴다(Fig. 3).
- 4) Coronal volume 영상도 동일한 방법을 적용하여 ROI를 설정한 후 Cut Outside를 선택한다(Fig. 4).
- 5) 3D Tools의 Threshold에서 minimum value를 조정하여 다음 Apply Threshold를 선택한다(Fig. 5).
- 6) Axial volume 영상에서 Advanced Processing의 Subtraction을 선택한다(Fig. 6).
- 7) Filming Tools의 Batch Film에서 Angle between Views를 6.0°로 설정한다(Fig. 7).
- 8) Region Cut Subtraction MIP 영상을 만든다(Fig. 7).

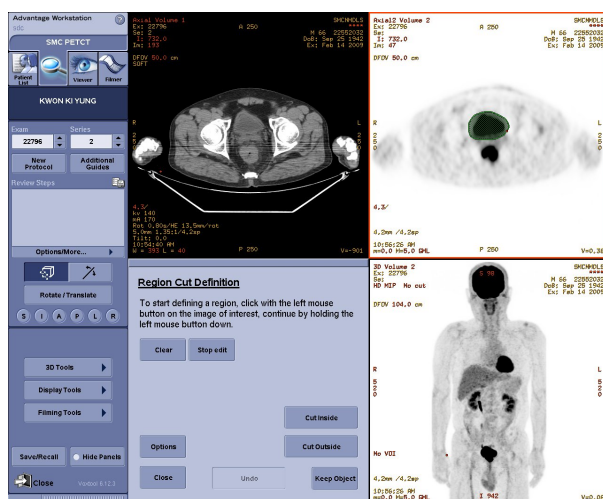


Fig. 1. Select scalpel in axial volume image

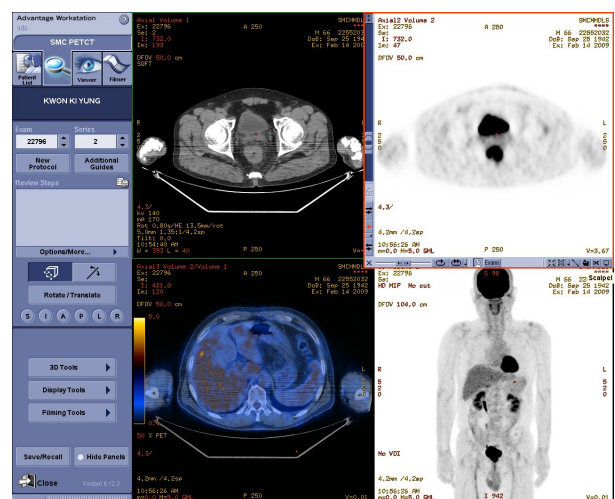


Fig. 2. Set up ROI in region of removal

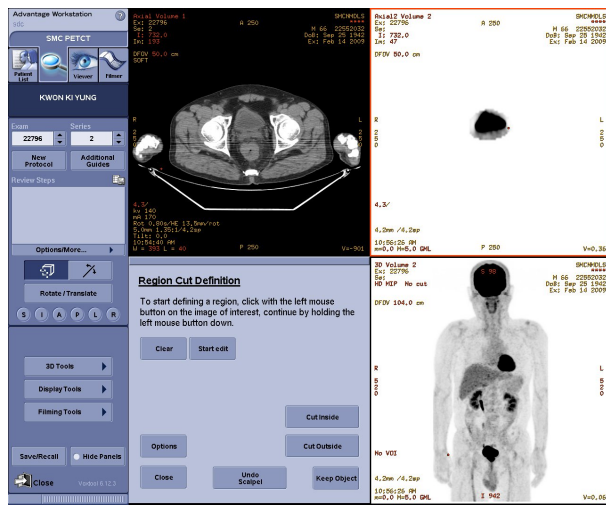


Fig. 3. Remaining urine uptake image

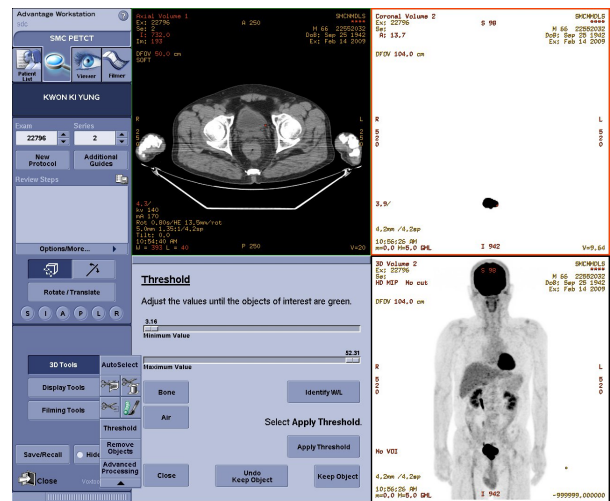


Fig. 5. Adjust minimum value in Threshold of 3D Tools

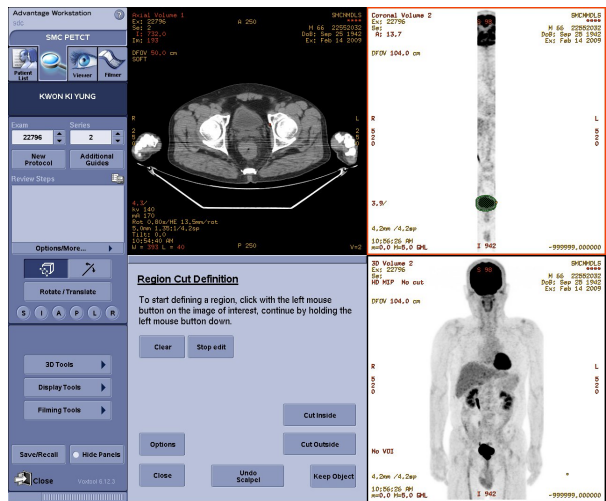


Fig. 4. Coronal volume image as same method in axial volume image

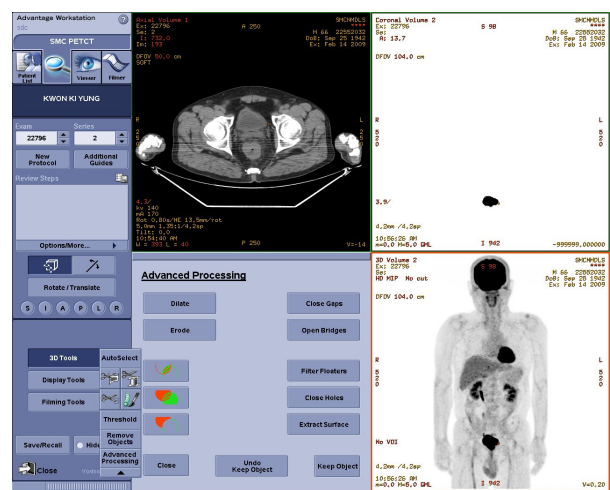


Fig. 6. Select Subtraction in Advanced Processing

9) 동일한 방법의 적용으로 Region Cut Subtraction Fusion 영상을 만든다(Fig. 8).

CT영상과 PET transverse 영상을 선택하여 Advantage Workstation AW4.3 05 버전 Volume Viewer 프로그램을 실행한다. 화면의 우측 상단이 CT transverse 영상, 하단이 PET/CT Fusion 영상, 좌측 상단이 PET axial 영상, 하단이 MIP 영상으로 좌측 상단의 2D PET axial volume 영상에서 가위 모양의 Scalpel을 선택한다(Fig. 1). 소변이나 요루주머니에 의한 열소 부위 즉, 제거하고자 하는 부위에 ROI를 설정한 후(Fig. 2), Region Cut Definition에서 Cut Outside를 선택하여 소변 부위 영상만을 남긴다(Fig. 3).

Coronal volume 영상도 axial volume 영상과 동일한 방법을 적용하기 위하여 화면 우측 상단의 view type에서 마우스

의 오른쪽을 클릭하여 나타나는 pop up 창의 coronal을 선택해 axial volume 영상과 마찬가지로 제거할 부위에 ROI를 설정한 후 Cut Outside를 선택한다(Fig. 4).

다음으로 threshold 값을 지정해 주기 위하여 3D Tools의 Threshold를 선택하여 초록색 영역으로 나타나는 minimum value를 조정해 소변의 열소만 남기고 Background를 제거해 준다(Fig. 5). 이후 3D Tool의 Advanced Processing창에서 화면 좌측 하단의 Subtraction (Fig. 6)을 선택하면 수학적 이론인 차집합의 원리가 적용되어 빨간색 영역의 본래 영상에서 초록색 영역의 소변 부위 영상이 감산된 Region Cut Subtraction 영상이 만들어진다.

MIP 재구성 영상의 적용을 위하여 Filming Tools의 Batch Film에서 Angle between views를 6.0°로 설정하여 360° 방향에서 60개의 Region Cut Subtraction MIP 영상을 만들고(Fig. 7),

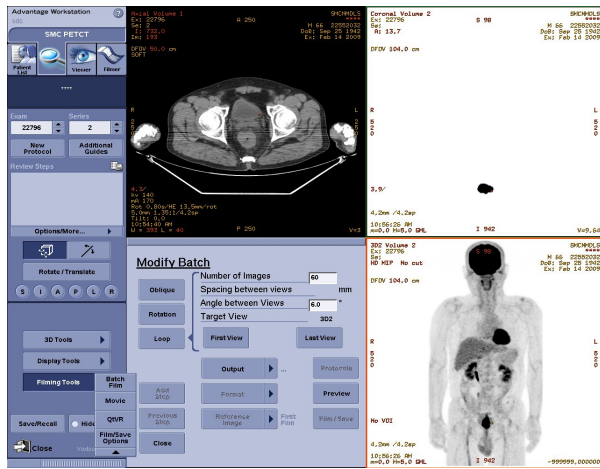


Fig. 7. Region Cut Subtraction MIP image

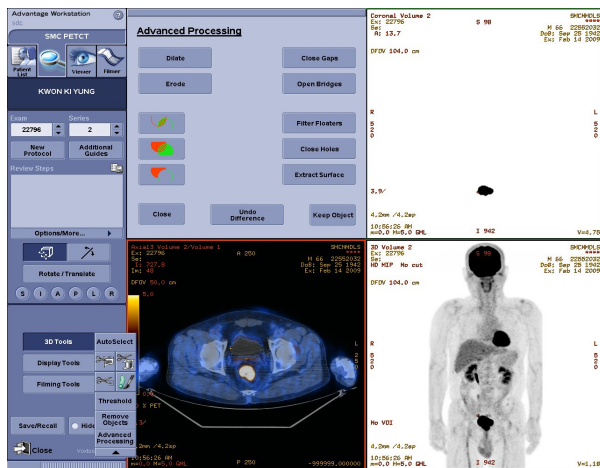


Fig. 8. Region Cut Subtraction Fusion image

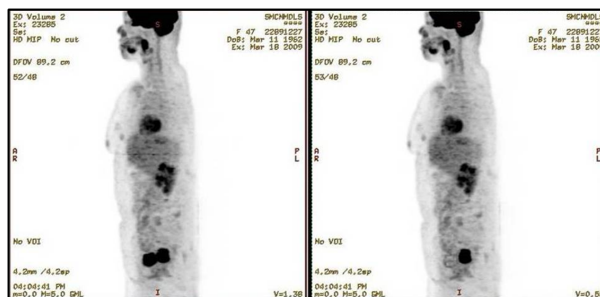


Fig. 9. Region Cut Subtraction comparative MIP image of F/47 cervix cancer

Fusion 영상도 MIP 영상과 같은 방법을 적용하여 PET transverse 영상과 동일한 수의 Region Cut Subtraction Fusion영상을 만든다(Fig. 8). Region Cut Subtraction Fusion & MIP 영상을 Region Cut Subtraction을 사용하지 않은 영상과 비교한다(Fig. 9-14).

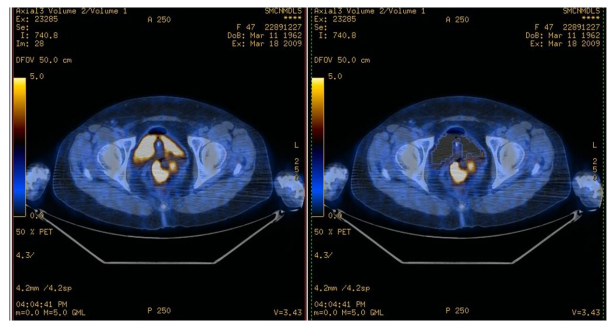


Fig. 10. Region Cut Subtraction comparative Fusion image of F/47 cervix cancer



Fig. 11. Region Cut Subtraction comparative MIP image of M/63 bladder cancer

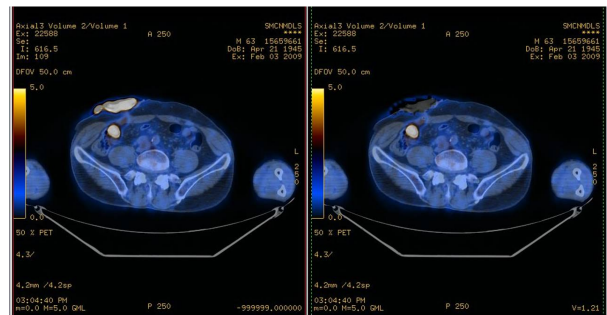


Fig. 12. Region Cut Subtraction comparative Fusion image of M/63 bladder cancer

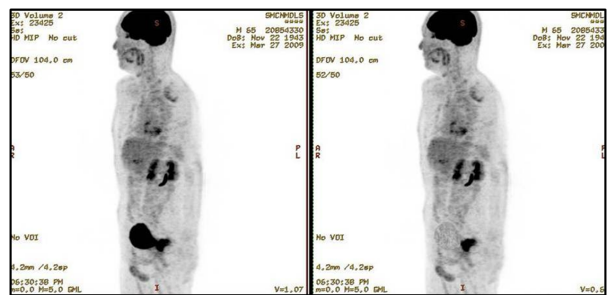


Fig. 13. Region Cut Subtraction comparative MIP image of M/65 rectal cancer

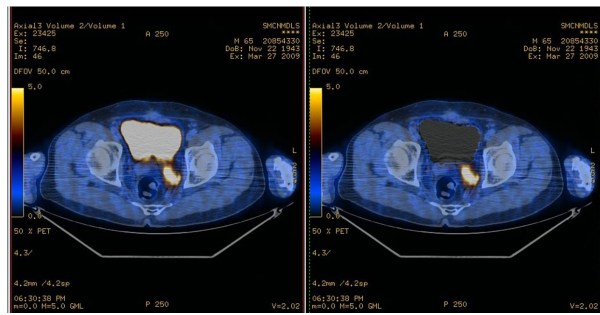


Fig. 14. Region Cut Subtraction comparative Fusion image of M/65 rectal cancer

결 과

본원에 내원한 47세 여자 자궁암 환자로 377 MBq (10.2 mCi)의 ^{18}F -FDG를 정맥주사 후 basal skull에서 mid-thigh 부위까지 CT로 보정하여 PET영상을 얻었다.

자궁 경부에 $p\text{-SUV}=17.5$ 인 악성 병변으로 생각되는 FDG 섭취 증가 부위가 있으며 Region Cut Subtraction 전에는 소변과 병변이 겹쳐져 있어 구별이 어려웠으나 Region Cut Subtraction을 이용하여 방광의 소변을 제거하였더니 병변을 보다 명확하게 관찰할 수 있었다(Fig. 9, 10).

63세 남자 방광암 환자로 350 MBq (9.45 mCi)의 ^{18}F -FDG를 정맥주사 후 CT로 보정하여 basal skull부터 mid-thigh 부위까지 PET영상을 얻었다. 배뇨 기능 장애로 인하여 착용한 요루주머니 때문에 열소가 나타났는데, Region Cut Subtraction을 이용하여 열소 부위를 제거해 주었다(Fig. 11, 12).

65세 남자 직장암 환자로 405 MBq (10.94 mCi)의 ^{18}F -FDG를 정맥주사 후 basal skull부터 mid-thigh 부위까지 CT로 보정하여 PET영상을 얻었다. 직장 부에 좌측 정낭과 전립선에 전이한 것으로 생각되는 hyper metabolic soft tissue lesion ($p\text{-SUV}=10.9$)이 관찰되며, Region Cut Subtraction을 이용하여 소변을 제거하여 병변의 구별을 용이하게 하였다(Fig. 13, 14).

이와 같이 Fusion & MIP 3D 재구성 영상에서 Advantage Workstation AW4.3 05버전 Volume Viewer의 Region Cut Subtraction으로 환자의 방광 내 소변이나 요루주머니에 의한 열소 부위를 제거할 수 있었다. Fusion과 MIP영상을 만들어 Region Cut Subtraction을 사용하지 않은 영상과 비교하였더니 소변 섭취 때문에 구별이 어렵던 병변과의 경계가 명확하게 재구성되었으며, 또한 골반강에 악성 종양이 있는 부인과 환자의 원발 병변에서의 SUV_{max} 측정과 metabolic tumor volume 측정이 보다 용이해졌다.

결 론

최근 부인과 암에서 PET/CT 이용이 급격하게 늘어나고 있으며 대부분 FDG-PET가 행해지고 있다. FDG-PET는 진행된 부인과 암의 치료 전 병기 결정 및 치료 후 설명이 되지 않는 종양 표지자의 상승 시 재발한 암의 재 병기 결정에 매우 유용하다.³⁾ 하지만 배뇨 기능 장애로 환자의 방광에 다량의 소변 섭취가 보이거나, 요루주머니를 착용한 경우 또는 외부 물질로 인한 방사성 물질의 오염으로 열소가 보이는 경우, 골반강 내에서 소변과 원발 병변과의 구별이 어려울 수 있다.

이러한 부인과 암 환자들의 검사 후, Fusion & MIP 3D 영상으로 재구성하는 과정에서 GE사의 Advantage Workstation AW4.3 05버전 Volume Viewer의 Region Cut Subtraction을 사용하여 열소 부위를 제거한다면 기존에 사용하던 단순 역치 범위설정에 의한 영상 소거법보다 우수한 진단적 정보를 제공할 것이다.

특히 방광, 자궁, 직장 부위 질환과 같은 골반강에 악성 종양이 있는 부인과 암 환자의 경우, 종양의 검출 능력을 극대화하여 판독의와 임상에게 판독에 보다 유용한 영상 정보를 제공하고, 영상의 질적 향상에 도움이 될 것이라 판단된다.

요 약

최근 PET/CT영상의 발달로 종양의 진단 및 평가를 통해 임상에 많은 도움을 주고 있다. 특히 PET와 CT를 융합한 Fusion PET/CT영상이나 2차원 PET영상을 3차원 영상으로 재구성한 최대강도영상(Maximum Intensity Projection)은 전체적인 병변을 한눈에 시각화하는 데 유용하게 쓰이고 있다. 하지만 Fusion & MIP 3D 재구성 영상에서 ^{18}F -FDG의 생리적 배출로 소변이나 요루주머니에 의한 열소가 나타나 병변이 겹쳐져 육안적으로 병변을 구별하는 데 어려움이 있다. 본 연구에서는 소변에 의해 나타나는 열소 부위를 제거하여 병변의 분별력을 향상하고자 한다.

2008년 9월부터 2009년 3월까지 내원한 환자 중 PET/CT 검사에서 자궁, 방광, 직장 부위의 질환으로 잔존하는 소변량이 많은 환자들을 대상으로 하였다. 분석장비는 GE사의 Advantage Workstation AW4.3 05 버전 Volume Viewer 프로그램을 사용하였다. 분석 방법은 2D PET axial volume 영상에서 제거하고자 하는 region에 ROI를 설정하여 Cut Outside

를 선택한 후 coronal volume 영상도 동일한 방법을 적용한다. 다음으로 3D Tools의 threshold 값을 지정하고, Advanced Processing에서 Subtraction을 선택하여 차집합 방식으로 소변 영상만을 소거한다. 이렇게 Region Cut Subtraction이 된 2D PET영상과 CT영상으로 Fusion영상과 MIP영상을 만들어 Region Cut Subtraction하지 않은 영상과 비교한다.

Fusion & MIP 3D 재구성 영상에서 Advantage Workstation AW4.3 05버전의 Region Cut Subtraction으로 환자의 소변이나 요루주머니에 의한 열소 부위를 제거할 수 있었다. Region Cut Definition을 사용한 영상에서 그렇지 않은 영상보다 소변 섭취 때문에 구별이 어렵던 병변과의 경계가 보다 명확하게 재구성되었다.

영상을 재구성하는 과정에서 Region Cut Subtraction을 사용하여 열소 부위를 제거한다면 기존에 사용하던 단순 역치 범위 설정에 의한 영상 소거법보다 우수한 진단적 정보를 제공할 것이다. 특히 방광, 자궁, 직장 부위 질환의 경우, 판독의와 임상 의에게 판독에 보다 유용한 영상 정보를 제공하고, 영상의 질적 향상에 도움이 될 것이라 판단된다.

REFERENCES

1. Beatriz Rodriguez-Vigil. Prospective study of PET/CT in lymphoma. *J Nucl Med* 2006;47:1643-1648.
2. 박상윤. 부인암치료의 최신동향. *BioWave* 2005;7(12).
3. Kyoung Sook Won, MD. PET Imaging for Gynecologic Malignancy. *Hanyang Medical Reviews* 2006;27(4).
4. Neeta Pandit-Taskar, MD. Oncologic Imaging in Gynecologic Malignancies. *J Nucl Med* 2005;46:1842-1850.
5. Tae Joo Jeon, MD. 18 FDG-PET/CT in Endometrial Carcinoma. *Nucl Med Mol Imaging* 42(SI).
6. Eun Kyung Park, MD. Diagnostic Accuracy of PET and MR for Detecting Liver Metastasis from Colorectal Cancer. *Nucl Med Mol Imaging* 2006;40(5).
7. Eun-Jung Kong, MD. Ihn-Ho Cho, MD. Kyung-Ah Chun, MD. The Differentiation of Malignant and Benign Musculoskeletal Tumors by F-18 FDG PET/CT Studies-Determination of maxSUV by Analysis of ROC Curve. *Nucl Med Mol Imaging* 2007;41(6).
8. Chung HH. Jo H. Kang WJ. et al. Clinical impact of integrated PET/CT on the management of suspected cervical cancer recurrence. *Gynecol Oncol* 2007;104:529-34.
9. 고창순. *핵의학 제3판*. 2008;247:298-306.