

Original Article

# PET 검사 시 Reconstructed data와 Re-sliced data의 표준섭취계수와 Metabolic Tumor Volume의 비교 평가

서울대학교병원 핵의학과  
도용호 · 이홍재 · 김진의

## Evaluation of Standardized Uptake Value and Metabolic Tumor Volume between Reconstructed data and Re-sliced data in PET Study

Yong Ho Do, Hong Jae Lee and Jin Eui Kim

*Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea*

**Purpose** SUV is one of the parameters that assist diagnosis in origin, metastasis and staging of cancer. Specially, it is important to compare SUV before and after chemo or radiation therapy to find out effectiveness of treatment. Storing PET data which has no quantitative change is needed for SUV comparison. However, there is a possibility to loss the data in external hard drive or MINIpacs that are managed by department of nuclear medicine. The aim of this study is to evaluate SUV and metabolic tumor volume (MTV) among reconstructed data (R-D) in workstation, R-D and re-sliced data (S-D) in PACS.

**Materials and Methods** Data of 20 patients (aged 60.5±8.3y) underwent <sup>18</sup>F-FDG PET (Biograph truepoint 40, mCT 40, mCT 64, mMR, Siemens) study were analysed. SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> and MTV were measured in liver, aorta and tumor after sending R-D in workstation, R-D and S-D in PACS to syngo.via software.

**Results** R-D of workstation and PACS showed the same value as mean SUV<sub>max</sub> in liver, aorta and tumor were 2.95±0.59, 2.35±0.61, 10.36±6.15 and SUV<sub>peak</sub> were 2.70±0.51, 2.07±0.43, 7.67±3.73(p>0.05) respectively. Mean SUV<sub>max</sub> of S-D in PACS were decreased by 5.18%, 7.22%, 12.11% and SUV<sub>peak</sub> 2.61%, 3.63%, 10.07%(p<0.05). Correlation between R-D and S-D were SUV<sub>max</sub> 0.99, 0.96, 0.99 and SUV<sub>peak</sub> 0.99, 0.99, 0.99. And 2SD in balnd-altman analysis were SUV<sub>max</sub> 0.125, 0.290, 1.864 and SUV<sub>peak</sub> 0.053, 0.103, 0.826. MTV of R-D in workstation and PACS show the same value as 14.21±12.72 cm<sup>3</sup>(p>0.05). MTV in PACS was decreased by 0.12% compared to R-D(p>0.05). Correlation and 2SD between R-D and S-D were 0.99 and 2.243.

**Conclusion** SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>, MTV showed the same value in both of R-D in workstation and PACS. However, there was statistically difference in SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> of S-D compare to R-D despite of high correlation. It is possible to analyse reliable pre and post SUV if storing R-D in main hospital PACS system.

**Key Words** PET, SUV, PACS

## 서 론

• Received: September 23, 2016 Accepted : October 4, 2016  
• Corresponding author : **Yong Ho Do**  
Address for correspondence : Department of nuclear medicine,  
Seoul National University Hospital, 28 Yeongdong, Jongno-gu,  
Seoul, 110-744, Korea  
Tel.: +82-2-2072-3937, Fax.: +82-2-747-0208  
E-mail: yhd\_1981@naver.com

PET 검사에서 SUV는 암의 원발 부위, 전이 여부 파악 및 병기 결정, 재발 여부 판단에 도움을 주는 지표이다. 특히 항암, 방사선치료 후 효과 판정을 위한 검사 시 이전 검사와의 SUV 비교 평가가 중요시 된다.<sup>1-2)</sup> 그러나 핵의학과 에서 자체적으로

데이터를 저장하는 외장하드, mini PACS 등의 저장 장치는 물리적 손상 또는 무정전 전원 장치의 지원 가능 시간 이상의 정전 시 데이터 손실의 가능성을 가지고 있다. 또한 데이터 손실 시 데이터의 슬라이스 두께가 다른 경우 이전 검사와의 SUV 비교 시 정량적 값의 오차가 발생한다. 이에 본 연구에서는 workstation의 reconstructed data (R-D)와 병원 PACS로 전송한 R-D, re-sliced data (S-D) 사이의 SUV와 metabolic tumor volume (MTV)을 비교 평가하여 자체 저장장치의 데이터 손실 시 PACS로 전송한 데이터의 사용 가능 여부를 확인 하고 데이터 리트리브 시 정량적 결과 값의 변화가 없으며 안전하고 사용하기 쉬운 데이터 보관 방법을 확인 하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2016년 1월부터 2월까지 서울대학교병원에서 <sup>18</sup>F-FDG PET 검사를 시행 받은 20명(평균연령 60.5±8.3세, 62.6±8.8kg, 남자 12명, 여자 8명)의 데이터에서 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>와 MTV를 분석하였다.

### 2. 실험 장비 및 분석 소프트웨어

검사 시 사용 된 장비는 Biograph Truepoint40, mCT40, mCT64, mMR (Siemens Medical System, Germany)(Fig. 1)이며 SUV, MTV 평가를 위한 syngo.via version VB10A(Fig. 2)와 데이터의 통계적 분석을 위하여 medcalc version 16.2.1(Fig. 3)이 사용 되었다.



Fig. 1. Siemens Biograph Truepoint, mCT40, mCT64, mMR Scanner were used for acquisition.

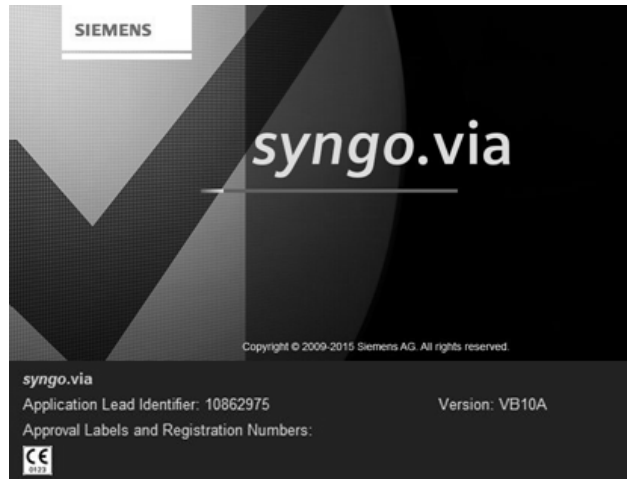


Fig. 2. Syngo.via version VB10A was used for measuring SUV and MTV.

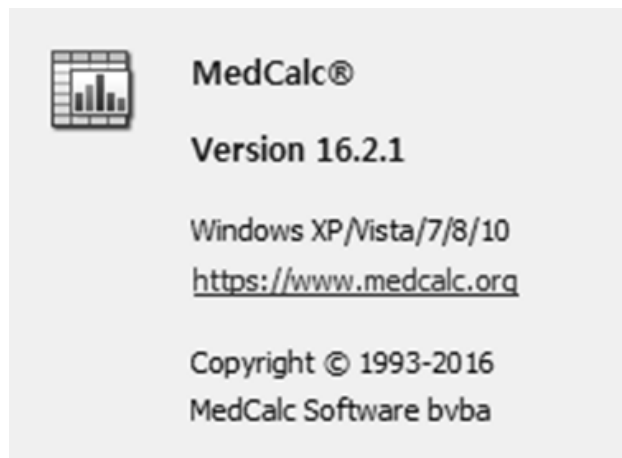


Fig. 3. Medcalc version 16.2.1 was used for statistical evaluation.

### 3. 검사 방법

검사 전 8시간 이상의 NPO를 시행하였으며 24시간 동안 무리한 운동을 금지시켰다. 검사 당일 <sup>18</sup>F-FDG를 kg 당 5.18 MBq 주사하여 조직에서의 <sup>18</sup>F-FDG 농도가 평형상태가 되도록 60분 후 scan을 시행하였으며<sup>3)</sup> PET 획득시간은 bed 당 Biograph Truepoint 2분, mCT40과 mCT64는 1분 그리고 mMR은 3분씩 시행하였다.

### 4. 결과 분석

재구성이 완료 된 총 20명의 PET 데이터 중 각 장비로부터 5명의 데이터를 획득하여 workstation의 R-D와 병원의 main PACS system인 infinitt PACS로 전송한 R-D를 판독용 프로그

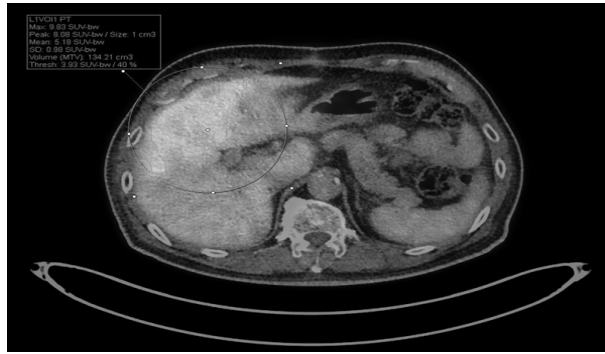


Fig. 4. SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>, MTV were measured in lesion by used of VOI isocontour.

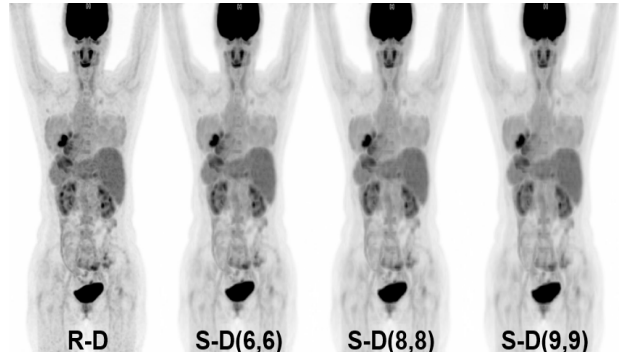


Fig. 5. Image quality evaluation for different slice thickness of re-slicing.

Table 1. SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> were more underestimated when slice thickness was more increased

Target SUV	R-D			S-D (5,5)			S-D (6,6)			S-D (7,7)			S-D (8,8)		
	Liver	Aorta	Lesion	Liver	Aorta	Lesion	Liver	Aorta	Lesion	Liver	Aorta	Lesion	Liver	Aorta	Lesion
Max(%)	100	100	100	-5.08	-7.22	-12.11	-6.21	-10.05	-17.05	-7.55	-10.34	-20.57	-8.48	-12.28	-21.36
Peak(%)	100	100	100	-2.61	-3.63	-10.07	-3.43	-4.60	-12.84	-3.55	-4.78	-14.47	-3.79	-4.86	-14.90

램인 syngo.via로 전송하였고 R-D를 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8mm 절편 두께로 re-slice한 후 syngo.via로 전송하였다. Liver에서 병변이 포함되지 않은 slice에서 15 cm<sup>3</sup>의 volume of interest (VOI), aorta에서 2 cm<sup>2</sup>의 VOI를 설정하여 각 데이터의 동일한 slice에서 동일한 VOI를 설정하여 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>를 측정하였다.<sup>4)</sup> Lesion에서는 SUV<sub>max</sub>의 40% threshold VOI isocontour를 그려 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>와 MTV를 측정하였다 (Fig. 4). 측정된 결과 값은 통계 분석을 위하여 medcal version 16.2.1 프로그램을 이용하여 대응 표본 t-test, 상관 분석과 Bland-altman 분석을 시행하였으며 p<0.05인 경우에 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다. 또한 기존 5 mm S-D만 PACS로 전송 시 소요시간과 S-D에 R-D를 추가하여 전송 시 추가 소요시간을 측정하였다.

## 결 과

### 1. S-D의 절편 두께에 따른 image quality 변화

R-D 대비 S-D에서 절편 두께가 증가함에 따라 voxel의 크기가 증가하고 smoothing 되어 영상의 해상력 감소가 증가되었다(Fig. 5).

### 2. S-D의 절편 두께에 따른 SUV, MTV 변화

R-D 대비 S-D에서 절편 두께가 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm로 증가할수록 liver, aorta, lesion 모두에서 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>와 MTV는 감소율이 증가되어 R-D 대비 저평가 되었으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). SUV<sub>peak</sub>의 경우 1 cm<sup>3</sup>의 spherical VOI에서 평균 activity로 계산됨으로 SUV<sub>max</sub> 보다 감소율이 낮게 측정되어 절편 두께에 따른 영향이 적게 나타났다으나 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). Liver, aorta, lesion에서 섭취의 정도가 높을수록 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>의 감소율은 증가하였다(Table 1).

### 3. R-D와 5mm 절편 두께 S-D의 SUV, MTV 변화

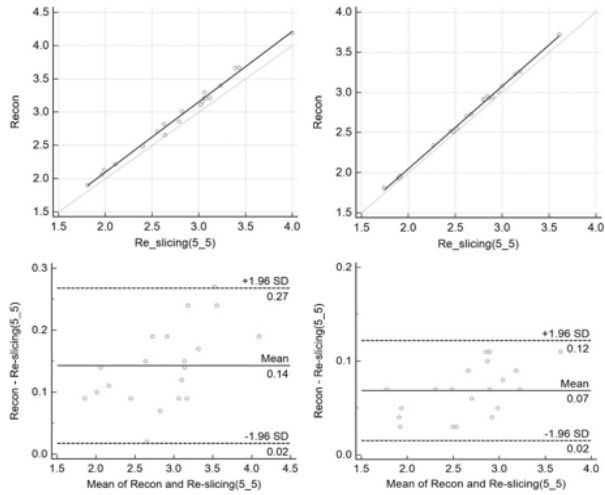
5mm 절편 두께의 20명의 S-D에서 SUV<sub>max</sub>는 R-D 대비 최소 2.1%에서 19.3%, SUV<sub>peak</sub>는 최소 4.2%에서 15.4% 감소하였으며 일정한 경향성은 나타나지 않았다(Table 2).

#### 1) Liver의 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> 변화

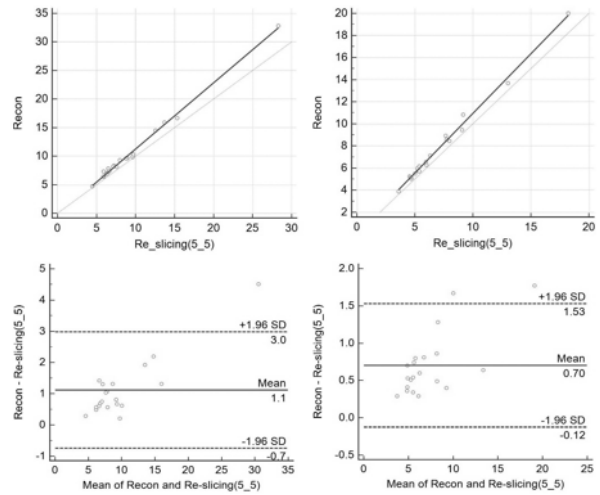
Liver에서 R-D와 비교 시 S-D의 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>의 상관관계 수는 0.991, 0.998로 높은 상관관계를 보였으나 모두 p<0.05로 통계적으로 유의한 차이가 있었으며 bland-altman분석에서

**Table 2.** There was no specific SUV trend in each case

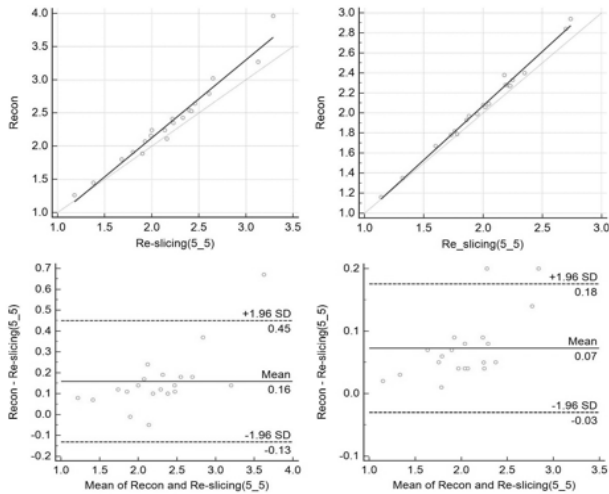
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SUV Max	-13.7	-13.3	-14.2	-9.7	-8.7	-7.6	-7.9	-19.3	-10.1	-16.8	-7.0	-7.0	-12.9	-13.8	-12.7	-8.5	-6.0	-2.1	-8.8	-6.1
SUV Peak	-8.9	-14.3	-4.6	-9.3	-8.1	-7.2	-4.7	-13.4	-10.2	-9.3	-12.4	-11.4	-9.2	-15.4	-13.0	-10.0	-4.2	-5.8	-6.0	-7.5



**Fig. 6.** SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> showed high correlation and statistical difference in liver.



**Fig. 8.** SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> showed high correlation and statistical difference in lesion.

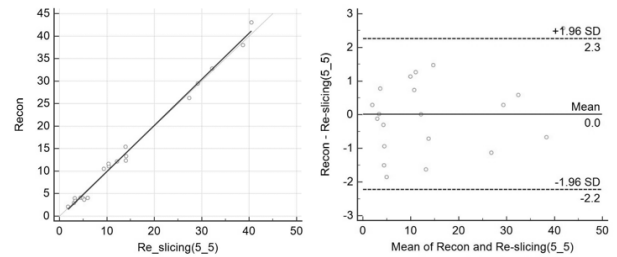


**Fig. 7.** SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> showed high correlation and statistical difference in aorta.

2SD는 0.125, 0.053로 SUV<sub>peak</sub>에서 일치의 한계범위가 낮았다(Fig. 6).

2) Aorta의 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub> 변화

S-D의 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>의 상관계수는 0.963, 0.990로 높은



**Fig. 9.** MTV showed high correlation and there was no significant statistical difference.

상관관계를 보였으나 p<0.05로 통계적으로 유의한 차이가 있었고 2SD는 0.296, 0.105였다(Fig. 7).

3) Lesion의 SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>, MTV 변화

SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>peak</sub>의 상관계수는 0.995, 0.993으로 높은 상관관계를 보였으나 p<0.05로 통계적으로 유의한 차이가 있었고 2SD는 1.864, 0.826이었다(Fig. 8). Lesion에서 MTV의 상관계수는 0.992로 높은 상관관계를 보였으며 p>0.05로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Bland-altman 분석에서 2SD는 2.243이었다(Fig. 8, 9).

## R-D(Workstation) vs R-D(PACS)

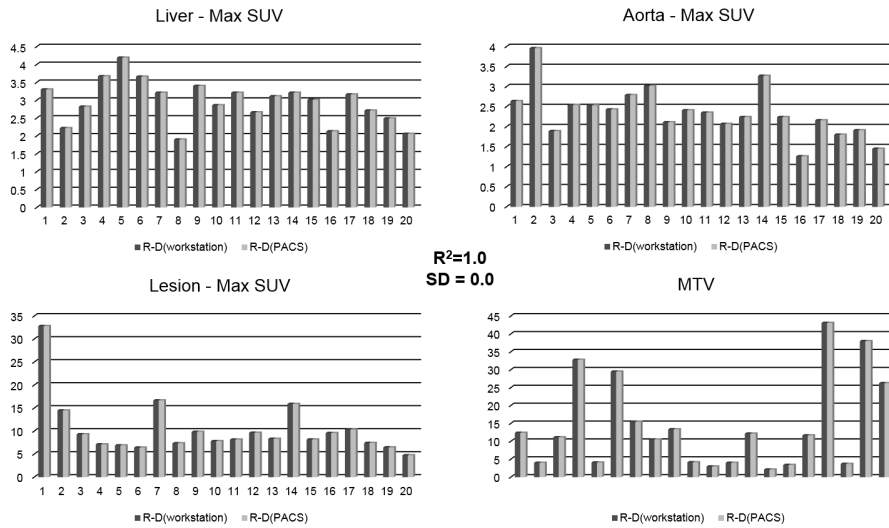


Fig. 10. There was no difference between R-D in workstation and PACS.

#### 4. Workstation R-D와 PACS R-D의 SUV, MTV 변화

Workstation의 R-D와 PACS로 전송된 R-D를 syngo.via로 리트리브 시 두 데이터 사이의  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ 와 MTV값은 모두 일치하여 오차가 없는 결과 값을 나타내었다(Fig. 10).

#### 5. PACS로 S-D와 추가 R-D 전송 시 소요시간 평가

기존 S-D 방식 총 8 stack, 1150장을 PACS로 전송 시 20건 평균 170초가 소요되었으며 기존 S-D에 SUV, MTV 오차가 없는 R-D를 추가하여 PACS로 전송 한 경우 9 stack, 1476장 207초가 소요되어 37초의 전송시간 증가를 보였다.

### 고찰 및 결론

본 논문에서 PACS에 저장된 R-D의 경우 workstation의 R-D와 비교하여  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ , MTV 모두에서 동일한 값을 보였다. 그러나 S-D의 경우 상관관계는 높았지만 MTV를 제외한  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ 는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며 각 lesion의 결과 값에서 일정한 패턴을 보이지 않아 R-D의 손실 시 MTV를 제외한 S-D의  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ 를 R-D의 결과 값에 비교하여 사용할 수는 없을 것으로 생각 된다.  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ , MTV의 오차가 없는 R-D를 안정성 있는 병원 PACS에 저장한다면 자체 저장장치의 데이터 손실 시 이전 PET 데

이터와의 비교에서 신뢰성 있는 SUV 분석이 가능할 것이라 생각된다. 또한 외부 CD 복사 시 SUV의 오차가 없는 PACS의 R-D를 포함하면 타병원에서 동일한 제조사의 장비로 PET 추적검사 시 외부 병원의 데이터와의 정확한 비교가 가능할 것으로 사료 된다.

### 요 약

PET 검사에서 SUV는 암의 원발 부위, 전이여부 파악 및 병기결정, 재발여부 판단에 도움을 주는 지표이다. 특히 항암, 방사선치료 후 효과 판정을 위한 검사 시 이전 검사와의 SUV 비교 평가가 중요시 된다. 그러나 핵의학과에서 자체적으로 데이터를 저장하는 외장하드, mini PACS 등의 저장 장치는 데이터 손실의 가능성을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 workstation의 reconstructed data (R-D)와 병원 PACS로 전송한 R-D, re-sliced data (S-D) 사이의 SUV를 비교 평가하여 자체 저장장치의 데이터 손실 시 PACS로 전송한 데이터의 사용 가능 여부를 확인 하고자 한다.

Biograph Truepoint 40, mCT 40, mCT 64, mMR (Siemens, Germany)장비에서 2015년 1월부터 2월까지  $^{18}F$ -FDG PET 검사를 시행한 20명(60.5±8.3세)의 데이터를 분석하였다. Workstation의 R-D와 PACS의 R-D, S-D 데이터를 Syngo.via 프로그램으로 전송하여 liver, aorta, tumor 부위의 max SUV ( $SUV_{max}$ ), peak SUV ( $SUV_{peak}$ )와 tumor의 metabolic tumor

volume (MTV)를 측정하였다.

Workstation과 PACS의 R-D에서 liver, aorta, tumor의 평균  $SUV_{max}$ 는  $2.95 \pm 0.59$ ,  $2.35 \pm 0.61$ ,  $10.36 \pm 6.15$  이었고  $SUV_{peak}$ 는  $2.70 \pm 0.51$ ,  $2.07 \pm 0.43$ ,  $7.67 \pm 3.73$ 으로 동일하였으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). PACS의 S-D는 R-D 대비 평균  $SUV_{max}$ 는 5.18%, 7.22%, 12.11%,  $SUV_{peak}$ 는 2.61%, 3.63%, 10.07% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). R-D와 S-D에서 결과 값의 상관계수는  $SUV_{max}$ 에서 0.99, 0.96, 0.99이었고  $SUV_{peak}$ 에서 0.99, 0.99, 0.99로 모두 양의 상관관계가 있었다. Bland-Altman 분석에서 2표준편차는  $SUV_{max}$ 에서 0.125, 0.290, 1.864이었고  $SUV_{peak}$ 에서 0.053, 0.103, 0.826이었다. Tumor의 MTV는 workstation과 PACS의 R-D에서 모두  $14.21 \pm 12.72 \text{ cm}^3$ 로 동일하였다( $p > 0.05$ ). PACS의 S-D에서는 R-D 대비 0.12% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). R-D와 S-D에서 상관계수는 0.99이었고 Bland-Altman 분석에서 2표준편차는 2.243이었다.

본 논문에서 PACS에 저장된 R-D의 경우 workstation의 R-D와 비교하여  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ , MTV 모두에서 동일한 값을 보였으나 S-D의 경우 상관관계는 높지만 MTV를 제외한  $SUV_{max}$ ,  $SUV_{peak}$ 는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. R-D를 안정성 있는 병원 PACS에 저장한다면 자체 저장장치의 데이터 손실 시 이전 PET 데이터와의 비교에서 신뢰성 있는 SUV 분석이 가능할 것이라 생각된다.

## Reference

1. Kubota K. From tumor biology to clinical Pet: a review of positron emission tomography (PET) in oncology. *Ann Nucl Med* 15:471-86, 2001.
2. Yang YJ, Kim JS, Kim SY, et al. Comparison of  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET and CT/MRI for the Diagnosis of Cervical Lymph Node Metastasis in Head and Neck Cancer: A Lever-by-Level Based Study. *Korean J Nucl Med* 38:52-61. 2004.
3. Hamberg LM, Hunter GJ, Alpert NM, Choi NC, Babich JW, Fishman AW: The dose uotake ratio as an index of glucose metabolism: Useful parameter or oversimplification? *J Nucl Med* 1994;35:1308-1312.
4. Huang SC. Anantomy of SUV. Standardized uptake value. *Nucl Med Biol.* 2000;27(7):642-646.