

FDG 사용 시 Dose Calibrator에 따른 SUV에 미치는 영향

분당서울대학교병원 핵의학과

박영재 · 방성애 · 이승민 · 김상언 · 고길만 · 이경재 · 이인원

The Effect of Using Two Different Type of Dose Calibrators on *In Vivo* Standard Uptake Value of FDG PET

Young Jae Park, Seong Ae Bang, Seung Min Lee, Sang Un Kim, Gil Man Ko, Kyung Jae Lee and In Won Lee
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Bundang Hospital

Purpose: The purpose of this study is to measure F-18 FDG with two different types of dose calibrator measuring radionuclide and radioactivity and investigate the effect of F-18 FDG on SUV (Standard Uptake Value) in human body. **Materials and Methods:** Two different dose calibrators used in this study are CRC-15 Dual PET (Capintec) and CRC-15R (Capintec). Inject 1 mL, 2 mL, 3 mL of F-18 FDG into three 2 mL syringes, respectively, and measure initial radioactivity from each dose calibrator. Then measure and record radioactivity at 30 minute interval for 270 minutes. According to the initial radioactivity, linearity between decay factor driven from radioactive decay formula and the values measured by dose calibrator have been analyzed by simple linear regression. Fine linear regression line optimizing values measured with CRC-15 through regression analysis on the basis of the volume of which the measured value is close to the most ideal one in CRC-15 Dual PET. Create ROI on lung, liver, and region part of 50 persons who has taken PET/CT test, applying values from linear regression equation, and find SUV. We have also performed paired t-test to examine statistically significant difference in the radioactivity measured with CRC-15 Dual PET, CRC-15R and its SUV. **Results:** Regression analysis of radioactivity measured with CRC-15 Dual PET and CRC-15R shows results as follows: in the case 1 mL, the r statistic representing correlation was 0.9999 and linear regression equation was $y=1.0345x+0.2601$; in 2 mL case, $r=0.9999$, linear regression equation $y=1.0226x+0.1669$; in 3 mL case, $r=0.9999$, linear regression equation $y=1.0094x+0.1577$. Based on the linear regression equation from each volume, t-test results show significant difference in SUV of ROI in lung, liver, region part in all three case. P-values in each case are as follows: in 1 mL case, lung, liver and region ($p<0.0001$); in 2 mL case, lung ($p<0.002$), liver and region ($p<0.0001$); in 3 mL case, lung ($p<0.044$), liver and region ($p<0.0001$). **Conclusion:** Radioactivity measured with CRC-15 Dual PET, CRC-15R, dose calibrator for F-18 FDG test, do not show difference correlation, while these values infer that SUV has significant differences in the aspect of uptake in human body. Therefore, it is necessary to consider the difference of SUV in human body when using these dose calibrator. (**Korean J Nucl Med Technol 2010;14(1):115-121**)

Key Words : Dose calibrator, SUV, Linear regression equation, Regression analysis, Paired t-test

서 론

방사성 핵종과 방사능을 측정하는 dose calibrator는 그 용도에 따라서만 사용하는 것이 이상적인 입장에서는 바람직하다. 실제 임상에서 많이 사용되는 dose calibrator의 경우 기본 제원이나 사양은 유사하지만, 측정 검출범위에 의한 차이로 CRC-15 Dual PET는 PET용, CRC-15R는 감마용으로

- Received: March 23, 2010. Accepted: March 31, 2010.
- Corresponding author: Young Jae Park
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Bundang Hospital 300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-707, Korea
Tel: +82-31-787-2944, Fax: +82-31-787-4018
E-mail: yjpark@snuh.org

리간드의 방사능을 측정하기 위해 사용되는 것도 이런 이유다. 예) CRC-15R F-18 측정 시 벡터 0.80이고 CRC-15 Dual PET 벡터를 0.80으로 사용 시 10% 오차가 발생하여 0.90으로 사용한다.

그러나 임상에서 부딪히는 상황은 이상적인 형태로 장비를 사용하기 어려운 경우도 있다. 예를 들어 당장 환자에게 검사의 시급성이 요구되는 상황인데 PET용 dose calibrator가 고장이나 방사성오염으로, 검사의 원활한 진행을 위하여 감마용 dose calibrator를 사용하여 정확하게 방사능 측정을 해야 할 상황도 있다.

그러므로 평상시에 병원에서 보유하고 있는 장비 간의 특성이나 기능을 정확하게 파악하고 측정된 방사능 값들의 관계에 대해 파악해 둔다면 유사 시에 매우 효과적이며 적시에 이를 활용할 수 있다. 이를 위해서 본 연구에서는 PET용 dose calibrator와 감마용 dose calibrator로 측정된 방사능 값의 상관성을 파악하고, 둘 간의 선형회귀식을 산출하여 방사능 차이 값을 적용 시 PET 검사의 주요한 지표이고 인체 내 uptake 정도를 알 수 있는 SUV (Standard Uptake Value)에 미치는 영향은 없는지에 대하여 알아보려고 하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 대상

실험재료 : CRC-15 Dual PET (제조사: Capintec, U.S.A.), CRC-15R (제조사: Capintec, U.S.A.), 2 mL syringe 3개, F-18 FDG.

대상 및 프로그램 : 환자 50명, 분석프로그램(Excel 2007, Microsoft, U.S.A.), 통계분석(SPSS 13.0, IBM, U.S.A.).

2. 실험 및 분석방법

1) 자료획득 및 분석방법(1단계)

가. 자료획득

- ① 정확한 측정값을 위해 CRC-15 Dual PET과 CRC-15R의 배후방사능(background) 및 0점 조정을 한다.
- ② 2 mL syringe 3개에 F-18 FDG를 1, 2, 3 mL 볼륨에 따라 제조한다.
- ③ 두 장비에서 초기 radio activity를 측정 후 30분 간격으로 4시간 30분(270분)까지 radio activity를 측정하고 기록한다. (5회 실시)

* 측정 위치: CRC-15 Dual PET (13 cm), CRC-15R



Fig. 1. Hi-PET care system

(14.5 cm)이었다.

방사성 측정 위치가 다른 이유는 그림(Fig. 1)에서 보듯이 방사성 분주 시 술자의 방사성 피폭을 최소화하기 위한 장치인 Hi-PET care system이라는 자동분주기로 안에 CRC-15 Dual PET dose calibrator를 장착하여 사용하는데 기존 실린더 측정 방향과 반대로 측정위치의 차이가 있었다.

나. 분석방법

- ① 볼륨에 따라 각각의 dose calibrator에서 측정된 radio activity의 변화 분포를 관찰한다.
- ② 볼륨별 실제측정치와 방사성붕괴 공식($t_{1/2}$)으로 산출값을 비교한다.
- ③ CRC-15 Dual PET에서 측정값을 기준으로 CRC-15R에서 측정된 값 간의 직선성을 확인하기 위해 엑셀을 이용하여 단순선형분석을 실시한다.

2) 대상 및 분석방법(2단계)

가. 대상

- ① 2009년 8월부터 9월까지 PET/CT 검사를 시행한 50명을 무작위로 선택하였다.

나. 분석방법

- ① 50명의 환자에게 CRC-15 Dual PET에서 측정된 값과 선형회귀식에서 산출된 값(CRC-15R에서 측정되었을 것이라고 생각되는 값)을 적용하여 lung, liver, region 부위에 42.16 cm의 ROI를 그려 SUV를 구하였다.
- ② 두 그룹의 SUV를 SPSS를 이용한 paired t-test로 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보았다.

그림(Fig. 2)은 실험 및 분석방법을 간단히 그림으로 묘사하였다.

결 과

1. 결과치(1단계)

Table 1은 두 dose calibrator 측정된 결과 치로 볼륨별 CRC-15 Dual PET과 CRC-15R을 0~270분까지 30분 간격으로 5회 측정 평균값이며, t1/2는 CRC-15 Dual PET의 처음



Fig. 2. The procedure of experimental and analytical methods

측정값을 반감기 공식에서 산출한 값이다.

Fig. 3은 위의 데이터를 근거로 볼륨별 측정 시간에 따른 activity 값으로 1 mL에서 약간의 차이를 2 mL, 3 mL에서는 미세한 차이를 보였으며, 전체적으로 측정 장비에 상관없이 유사한 감쇠 패턴을 보였다(Fig. 3).

Fig. 4 역시 볼륨 별 측정 시간에 따른 activity 값으로 마름모 표시의 반감기가 네모나 세모 표시와 일치하는 것을 보기 위한 그래프로, 네모 표시의 CRC-15 Dual PET이 더 일치하는 것으로 보인다(Fig. 4).

Fig. 4에서 잘 관찰되지 않아 1 mL 경우를 확대하여 나타낸 그래프로 마름모 표시의 반감기가 네모 표시의 CRC-15 Dual PET가 거의 일치하고 있다(Fig. 5). 그래서 본 연구에서 CRC-15 Dual PET의 실제 측정치를 기준 값으로 정하게 되었으며, 이 차이만큼 보정식을 산출하게 되었다.

Fig. 6은 CRC-15 Dual PET 실제 측정된 activity 값을 이 상적인 값으로 간주하고 CRC-15R에서 측정된 값 간의 직선성을 확인하기 위해 단순선형분석을 실시하였다. 그 결과 1 mL의 경우 상관성을 보여주는 R값은 R=0.999 회귀분석에 위한 선형식은 $y=1.0345x+0.2601$ 이었고, 2 mL의 경우 R=0.999

Table 1. The measure value of CRC-15 Dual PET and CRC-15R (five times: average) (unit: mCi)

| | 1 ml | T1/2 | 2 ml | T1/2 | 3 ml | T1/2 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CRC-15 | 12:50 | 26.2 | 12:55 | 26.2 | 13:00 | 27 |
| CRC-15R | 12:51 | 27.3 | 12:56 | 26.9 | 13:01 | 27.4 |
| CRC-15 | 13:20 | 21.7 | 13:25 | 21.7 | 13:30 | 22.4 |
| CRC-15R | 13:21 | 22.6 | 13:26 | 22.3 | 13:31 | 22.6 |
| CRC-15 | 13:50 | 17.9 | 13:55 | 17.94 | 14:00 | 18.48 |
| CRC-15R | 13:51 | 18.94 | 13:56 | 18.65 | 14:01 | 18.95 |
| CRC-15 | 14:20 | 14.83 | 14:25 | 14.82 | 14:30 | 15.28 |
| CRC-15R | 14:21 | 15.66 | 14:26 | 15.28 | 14:31 | 15.67 |
| CRC-15 | 14:50 | 12.26 | 14:55 | 12.25 | 15:00 | 12.64 |
| CRC-15R | 14:51 | 12.97 | 14:56 | 12.79 | 15:01 | 12.96 |
| CRC-15 | 15:20 | 10.03 | 15:25 | 10.13 | 15:30 | 10.45 |
| CRC-15R | 15:21 | 10.68 | 15:26 | 10.56 | 15:31 | 10.72 |
| CRC-15 | 15:50 | 8.3 | 15:55 | 8.38 | 16:00 | 8.64 |
| CRC-15R | 15:51 | 8.88 | 15:56 | 8.74 | 16:01 | 8.88 |
| CRC-15 | 16:20 | 6.86 | 16:25 | 6.92 | 16:30 | 7.15 |
| CRC-15R | 16:21 | 7.34 | 16:26 | 7.23 | 16:31 | 7.35 |
| CRC-15 | 16:50 | 5.67 | 16:55 | 5.72 | 17:00 | 5.9 |
| CRC-15R | 16:51 | 6.07 | 16:56 | 5.97 | 17:01 | 6.08 |
| CRC-15 | 17:20 | 4.68 | 17:25 | 4.73 | 17:30 | 4.88 |
| CRC-15R | 17:21 | 5.02 | 17:26 | 4.95 | 17:31 | 5.03 |

*. CRC-15 = CRC-15 Dual PET

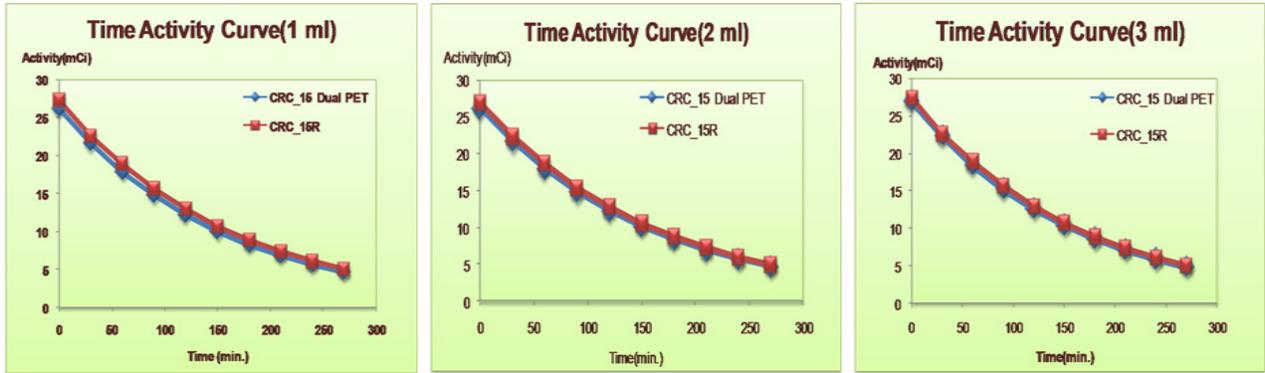


Fig. 3. The distribution of the activity change according to the measured time of two dose calibrators by each volume.

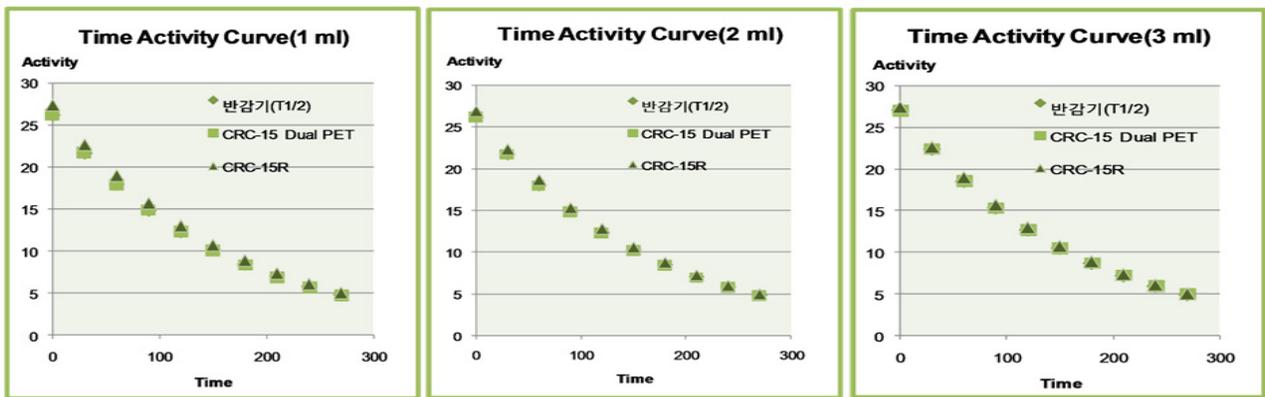


Fig. 4. The distribution of the activity change according to a half-life and the measured time of two dose calibrators by each volume.

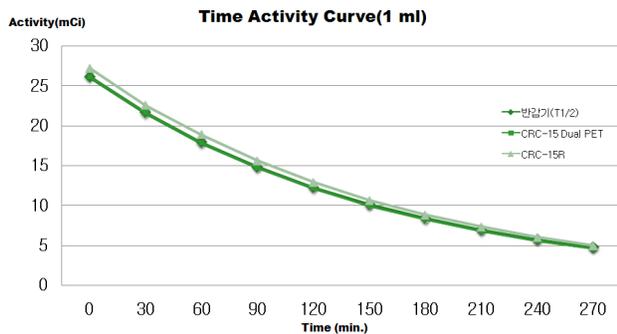


Fig. 5. 1 ml The distribution of the activity change according to a half-life and the measured time of two dose calibrators.

선형회귀식은 $y=1.0226x+0.1669$ 이었다. 3 mL의 경우 $R=0.999$, 선형회귀식은 $y=1.0094x+0.1577$ 이었다(Fig. 4). 통계학적으로 R값이 1에 가까울수록 신뢰성이 높음을 의미한다. 그래도 $y=x$ 가 아니므로 조금한 차이는 있었다.

2. 결과치(2단계)

Table 2는 위의 내용을 근거로 PET/CT를 시행한 50명 대상자로 CRC-15 Dual PET에서 측정된 값과 선형회귀식에서 산출된 값(CRC-15R에서 사용 되었을 것라고 생각되

는 용량)을 적용하여 lung, liver, region 부위에 42.16 cm의 ROI를 그려 SUV를 구했다(Table 2). 빨간색 박스의 liver의 그룹을 보면 수치가 다른 것을 알 수 있다.

Table 3의 데이터를 근거로 한 환자에게 두 가지의 다른 데이터(SUV)가 있기 때문에 paired t-test를 하였다. 50명의 데이터(N=50)에 대해 볼륨별 lung, liver, region 부위의 mean 값, 표준편차, t값, p값(sig.)를 나타낸 표이다. 여기서 중요한 것은 빨간색 박스부분으로 p값(sig.)이 0.05 이하이면 유의하다고 할 수 있다. 모두 0.05 이하로 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 참고로 파란색 박스의 t값은 숫자가 클수록

Table 2. The result of the SUV value between the actual measured value and the revised value

| | | 1 mL y=1.0345x+0.2601 | | | | | | | |
|----|-------|-----------------------|-------------------|--------|----------|-----------------|-------|--------|--|
| | mCi | CRC-15 lung | Dual PET liver | region | mCi | CRC-15R lung | liver | region | |
| 1 | 13.68 | 0.5 | 2.1 | 4.6 | 14.41206 | 0.5 | 2 | 4.4 | |
| 2 | 11.73 | 0.5 | 1.7 | 3.9 | 12.39479 | 0.4 | 1.6 | 3.7 | |
| 3 | 7.38 | 0.4 | 1.6 | 4.3 | 7.89471 | 0.3 | 1.5 | 4 | |
| ⋮ | | | | ⋮ | | | | | |
| 50 | 8.45 | 0.4 | 1.7 | 4.8 | 9.001625 | 0.4 | 1.6 | 4.5 | |

| | | 2 mL y=1.0226x+0.1669 | | | | | | | |
|----|-------|-----------------------|-------------------|--------|----------|-----------------|-------|--------|--|
| | mCi | CRC-15 lung | Dual PET liver | region | mCi | CRC-15R lung | liver | region | |
| 1 | 13.68 | 0.5 | 2.1 | 4.6 | 14.15607 | 0.5 | 2 | 4.4 | |
| 2 | 11.73 | 0.5 | 1.7 | 3.9 | 12.162 | 0.5 | 1.7 | 3.8 | |
| 3 | 7.38 | 0.4 | 1.6 | 4.3 | 7.713688 | 0.3 | 1.5 | 4.1 | |
| ⋮ | | | | ⋮ | | | | | |
| 50 | 8.45 | 0.4 | 1.7 | 4.8 | 8.80787 | 0.4 | 1.6 | 4.6 | |

| | | 3 mL y=1.094x+0.1577 | | | | | | | |
|----|-------|----------------------|-------------------|--------|----------|-----------------|-------|--------|--|
| | mCi | CRC-15 lung | Dual PET liver | region | mCi | CRC-15R lung | liver | region | |
| 1 | 13.68 | 0.5 | 2.1 | 4.6 | 13.96629 | 0.5 | 2 | 4.5 | |
| 2 | 11.73 | 0.5 | 1.7 | 3.9 | 11.99796 | 0.5 | 1.7 | 3.8 | |
| 3 | 7.38 | 0.4 | 1.6 | 4.3 | 7.607072 | 0.4 | 1.5 | 4.2 | |
| ⋮ | | | | ⋮ | | | | | |
| 50 | 8.45 | 0.4 | 1.7 | 4.8 | 8.68713 | 0.4 | 1.6 | 4.7 | |

Table 3. The paired-test result value of two different data

| | | CRC-15 Dual PET | CRC-15R | t | Sig. |
|-----------------------|--------|-----------------------------------|-------------|--------|----------|
| | | FDG uptake value of SUV (mean±SD) | | | |
| 1 mL y=1.0345x+0.2601 | lung | 0.386±0.086 | 0.356±0.073 | 4.365 | 0.000*** |
| | liver | 1.836±0.190 | 1.708±0.176 | 19.956 | 0.000*** |
| | region | 6.014±4.369 | 5.632±4.068 | 8.803 | 0.000*** |
| 2 mL y=1.0226x+0.1669 | lung | 0.386±0.085 | 0.368±0.076 | 3.280 | 0.002** |
| | liver | 1.836±0.190 | 1.748±0.189 | 18.956 | 0.000*** |
| | region | 6.014±4.369 | 5.756±4.163 | 8.646 | 0.000*** |
| 3 mL y=1.094x+0.1577 | lung | 0.386±0.085 | 0.378±0.081 | 2.064 | 0.044* |
| | liver | 1.836±0.190 | 1.762±0.213 | 5.098 | 0.000*** |
| | region | 6.014±4.368 | 5.834±4.231 | 8.822 | 0.000*** |

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

더 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. Lung보다 liver가 더 유의한 차이가 있다고 할 수 있다.

그래프는 Table 3에서 볼륨별 평균 SUV에 대한 lung, liver, region 부위의 차이를 나타내는 그래프로, lung보다는 liver, region 부위에서 더 큰 차이를 보이고 있다(Fig. 7).

결론

이 연구를 통해 F-18 FDG 검사에서 사용되는 두 개의 dose calibrator CRC-15 Dual PET과 CRC-15R의 방사능 측정치에 대한 상관관계를 보는 R²=0.999로 차이가 없었다. 그러나 이 두 값을 통해 SUV를 측정된 결과, 신체 내의 liver,

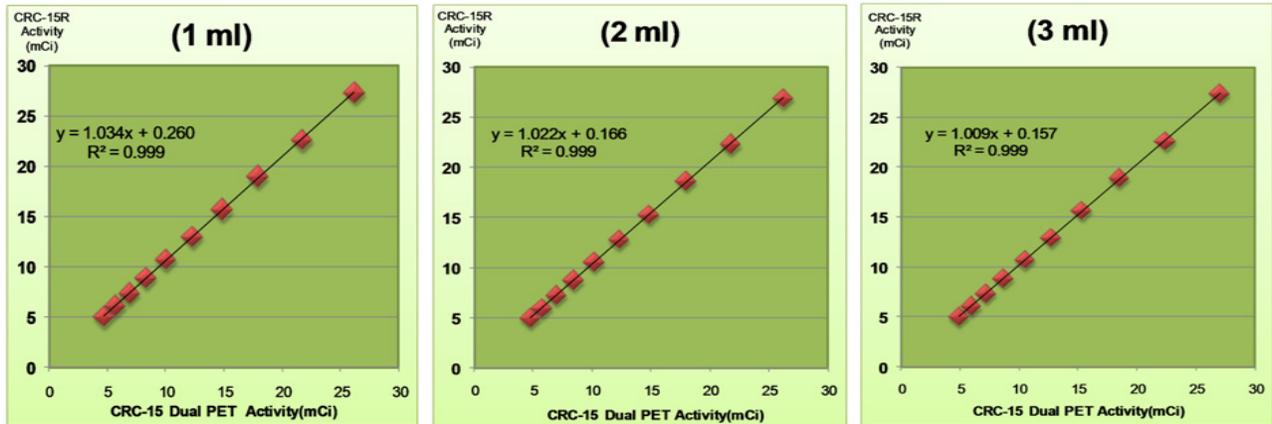


Fig. 6. The linear regression line of between the CRC-15 Dual PET value and the CRC-15R value.

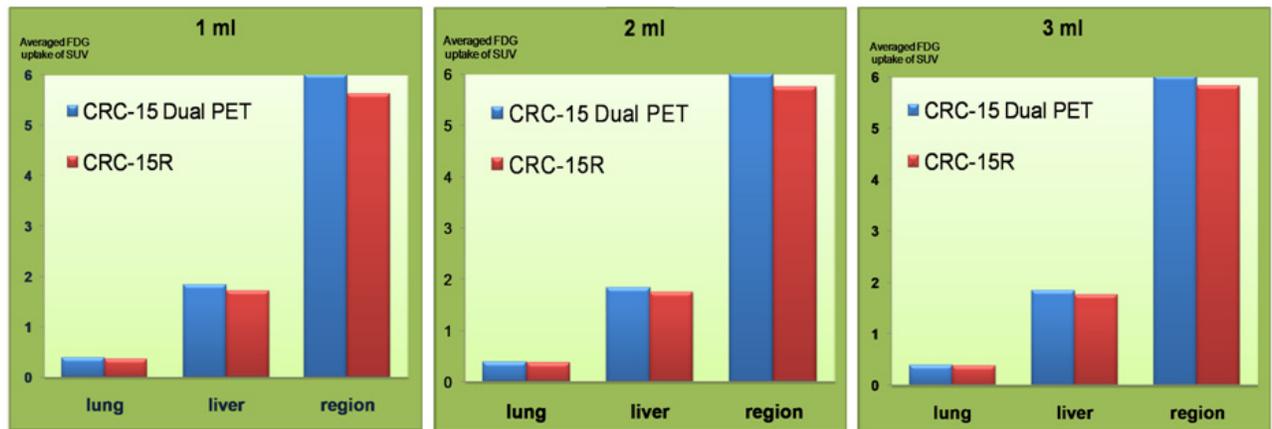


Fig. 7. The graph represents the difference among the average SUV values of lung, liver and region by each volume.

lung region에서의 CRC-15 Dual PET과 CRC-15R 두 그룹 간 p 값 0.05이하로 유의한 차이를 보였다. 따라서 서로 다른 dose calibrator를 사용함에 있어서, 이 두 값이 인체 내 SUV의 차이를 고려하여 사용하여야 할 필요성이 요구된다.

요 약

방사성핵종과 방사능을 측정하는 dose calibrator의 서로 다른 두개의 기기에서 F-18 FDG를 각각 측정하고, 이 측정값에 의한 인체 내 SUV (Standard Uptake Value)에 미치는 영향은 없는지에 대하여 알아보고자 하였다.

이 연구에서 두개의 다른 dose calibrator는 CRC-15 Dual PET, CRC-15R을 사용하였다. 각 dose calibrator에서 F-18 FDG를 2 mL 주사기 3개에 볼륨 1 mL, 2 mL, 3 mL를 만들어 각각 초기 radio activity를 측정한 후 4시간 30분(270분)까지 30분 간격으로 radio activity를 각각 측정하고 기록한다. 초기 radio activity 값을 기준으로 방사선붕괴 공식으로

산출된 값(decay factor)과 dose calibrator로 측정된 값 간의 직선성을 단순선형을 통하여 분석하였다. CRC-15 Dual PET에서 가장 이상적인 값에 가까운 측정값을 볼륨을 기준으로 하여, CRC-15R에서 측정된 값을 최적화하기 위한 선형회귀식을 회귀분석을 통하여 구한다. 선형회귀식의 산출값을 적용하여 PET/CT 검사를 시행한 50명을 대상으로 lung, liver, region 부위에 ROI를 그려 SUV를 구한다. CRC-15 Dual PET, CRC-15R에서 측정한 radio activity와 그 값을 이용한 SUV를 paired t -test로 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보았다.

CRC-15 Dual PET과 CRC-15R에서 측정한 radio activity의 상관분석결과 1 mL의 경우 상관성을 보여주는 r 값은 $r=0.999$ 이었으며, 회귀분석에 위한 선형식은 $y=1.0345x+0.2601$ 이었다. 2 mL의 경우 $r=0.999$ 이며, 선형회귀식은 $y=1.0226x+0.1669$ 이었다. 3 mL의 경우 $r=0.999$ 이며, 선형회귀식은 $y=1.0094x+0.1577$ 이었다. 각 세 가지 볼륨에서 얻어진 선형회귀식의 산출 값을 이용하여 구한 lung, liver, region 부위에

ROI의 SUV에서의 차이는 1 mL의 경우, lung, liver, region은 ($p < 0.0001$)로 t -test 결과 모두 유의한 차이가 있었다. 2 mL의 경우, lung ($p < 0.002$), liver, region은 ROI의 SUV에서 유의한 차이($p < 0.0001$)를 보였다. 또한 3 mL의 경우, lung ($p < 0.044$), liver, region의 유의한 차이($p < 0.0001$)가 있었다.

F-18 FDG 검사에서 사용되는 두 개의 dose calibrator CRC-15 Dual PET, CRC-15R의 radioactivity에 대한 측정치에서는 상관관계의 차이가 없다는 것을 알 수 있었다. 그러나 이 두 값을 통해 SUV는 인체 내의 uptake 정도에 있어서는 유의한 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다. 따라서 이 두 개의 dose calibrator를 사용함에 있어서, 이 두 값이

인체 내 SUV의 차이를 고려하여 사용하여야 할 필요성이 요구된다.

REFERENCES

1. Edited by: Heather E.Patterson, Brian F.Hutton (Distance Assisted Training Programme for Nuclear Medicine Technologists. Dose Calibrator part).
2. 김진의, 신성화, 이인원, 조규진: Dose Calibrator의 정도관리 *대한핵의학 기술연구학회지* 1995;6(1).
3. CRC-15 Dual PET (CAPINTEC, INC). Manual.
4. 김영설, 김택윤. PET의 달인되기. *군자출판사* 2007;8-39.
5. 고창순. 핵의학. *고려의학* 1998;110-524.