

## Original Article 물리적 보정된 핵의학 영상 평가 : 정규화 보정

서울대학교병원 핵의학과

박찬록 · 윤석환 · 이홍재 · 김진의

### Evaluation of Physical Correction in Nuclear Medicine Imaging : Normalization Correction

Chan Rok Park, Seok Hwan Yoon, Hong Jae Lee and Jin Eui Kim

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

<b>Purpose</b>	In this study, we evaluated image by applying normalization factor during 30 days to the PET images.
<b>Materials and Methods</b>	Normalization factor was acquired during 30 days. We compared with 30 normalization factors. We selected 3 clinical case (PNS study). We applied for normalization factor to PET raw data and evaluated SUV and count (kBq/ml) by drawing ROI to liver and lesion.
<b>Results</b>	There is no significant difference normalization factor. SUV and count are not different for PET image according to normalization factor.
<b>Conclusion</b>	We can get a lot of information doing the quality assurance such as performance of sinogram and detector. That's why we need to do quality assurance daily.
<b>Key Words</b>	PET/MR, Daily Quality Assurance, <sup>68</sup> Ge ring source, Normalization Factor

## 서 론

PET/CT 장비 디텍터의 효율은 이상적으로는 같아야 하지만, PET 장비를 구성하는 검출기의 효율은 동일하지 못하기 때문에 보정해주는 과정이 필요하다. 그리고 이를 보정하지 않으면 왜곡된 영상이 발생하는데, 이는 영상 질 저하를 유발할 수 있다. 그러므로 균질한 PET data를 획득하기 위해서 장비 사용자는 매일 quality assurance(QA) 과정을 통해 <sup>68</sup>Ge ring source를 사용해 보정하고 있다. QA 과정을 통해 normalization factor (NF) 값을 얻고 이를 적용시켜 PET 영상을 얻는다. 그러므로 본 논문에서는 일정기간동안 획득한 NF 값을 비교하고, 각각 얻어진 NF 값을 적용해 얻은 PET 영상 차이를 평가해 보고자 한다.

· Received: April 28, 2017 Accepted: May 10, 2017  
· Corresponding Author: **Chan-Rok Park**  
· Address for correspondence : Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, 28 Yeongon-dong, Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea  
Tel: +82-2-2072-7443, Fax: +82-2-747-0208  
E-mail: nadecos@naver.com

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험대상 및 방법

이 실험에 사용한 장비는 Biograph mMR (Siemens, Germany)이고(Fig. 1), <sup>68</sup>Ge ring source를 사용하였다. Table 1에 <sup>68</sup>Ge ring source 제원을 나타내었다. 30일(16년 9월 1일부터 10월 20일)동안 <sup>68</sup>Ge ring source를 이용하여 30개의 NF를 획득 하였다. 영상평가를 위해 PET/MR 스캔환자 3 case (paranasal sinus PET/MR study)를 선정하여 투사 데이터에 30개의 NF값을 각각 적용시켜 PET 영상재구성 후 3 case에 대해 간과 병변부위의 동일한 ROI를 설정하였다. PET은 3D iterative method (iterations :2, subsets :21) 와 gaussian filter (6 mm) 적용하였고, 감쇠보정맵 적용을 위해 flash 3D vixie dixon sequence를 적용하였다. 각각의 NF값을 적용해 재구성된 PET 영상 30개 중 1개의 NF를 기준으로 설정하였고, 29개의 NF 과의 차이를 SUV 와 count (Bq/ml)로 비교 평가 하였다.

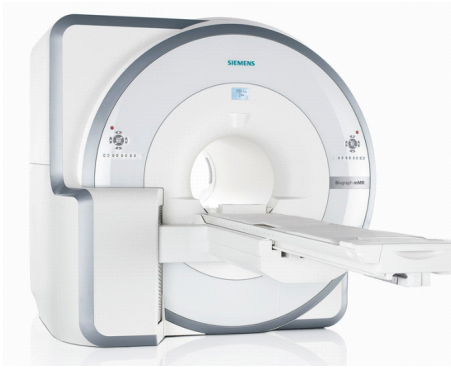


Fig. 1. The experiment was performed by Biograph mMR.

Table 1. <sup>68</sup>Ge ring source specification

volume (mL)	9617
isotope	<sup>68</sup> Ge
activity (MBq)	89.540
date/time (YY/M/D)	2016/ 2/ 1
cross normalization	1.030
acquisition scan duration (Mcounts)	200

2. 평가 방법

1) Normalization factor

30일 동안 quality assurance 과정 통해 <sup>68</sup>Ge ring source를 이용하여 30개의 NF값을 구하였다(Fig. 2). <sup>68</sup>Ge(E : 511 keV, T<sub>1/2</sub>=271 d)는 89.540 MBq과 원통형의 ring 형태이며, 데이터 획득은 200M count를 획득하였다. 그리고, 30개의 NF값 중 기준 데이터 (reference data)로 1개의 값을 설정하고, 29개의 NF값을 기준 데이터 값과 비교하였다.

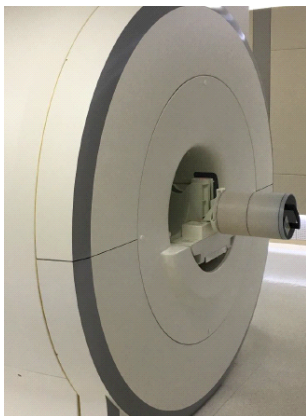


Fig. 2. Normalization factor was measured by used <sup>68</sup>Ge ring source.

2) SUV<sub>max</sub> & Count (kBq/ml)

30개의 NF값을 적용한 3case PET 영상에 동일하게 관심영역으로 설정하였다(Fig. 3). 그리고 식(1)을 이용해 해당되는 관심영역의 SUV<sub>max</sub>를 계산하여 평가하였다. 또한, 해당되는 관심영역에 Count (kBq/ml)를 비교평가하였다.

$$SUV = \frac{r}{(a'/w)} \tag{1}$$

r : the radioactivity concentration [kBq/ml]

a' : decay-corrected amount of injected radiolabeled FDG [kBq]

w : the weight of the patient [g]

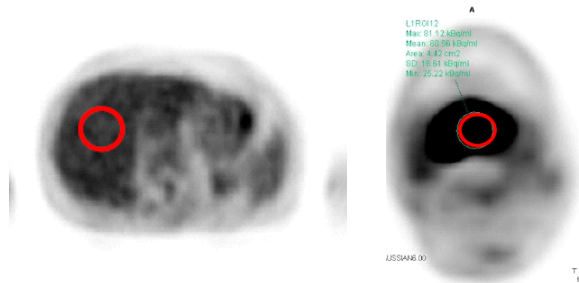


Fig. 3. SUV<sub>max</sub> was evaluated by drawing the ROI between liver and lesion respectively.

결 과

1) Normalization factor

Table 1에 Quality Assurance를 통해 획득한 30개의 NF값을 나타내었다. 기준 데이터에 따라 29개의 NF값 차이를 비교한 결과는 ±1 % 로 거의 차이가 없음을 확인하였다(Fig. 4).

Table 1. Normalization factor during 30 days

No.	NF (e <sup>+007</sup> )	번호	NF (e <sup>+007</sup> )
1	2.19	16	2.20
2	2.20	17	2.20
3	2.20	18	2.20
4	2.20	19	2.20
5	2.20	20	2.19
6	2.18	21	2.19
7	2.20	22	2.19
8	2.20	23	2.19
9	2.19	24	2.20
10	2.20	25	2.20
11	2.19	26	2.19
12	2.19	27	2.20
13	2.20	28	2.20
14	2.19	29	2.20
15	2.19	30	2.19

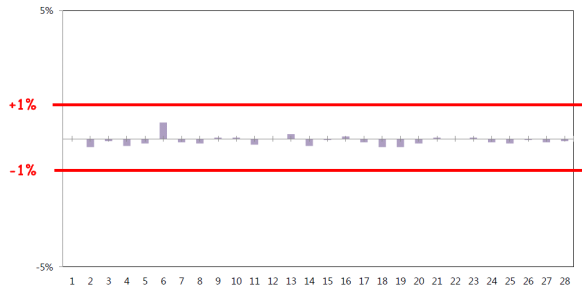


Fig. 4. This graph was expressed by normalization factor difference between reference data and 29 data.

2) SUV 와 Count

Case에 따른 SUV 와 count를 Table 3과 Table 4에 나타내었다. NF값에 따른 기준데이터와 SUV 비교결과 case 1 에서는 2%, cCase 2 에서는 2%, cCase 3 에서는 1% 로 큰 차이가 없었다(Fig. 5.) 또한, Count 비교 결과 cCase 1와 cCase 2에서는 최대 2%, case 3에서는 1% 로 큰 차이가 없었다.

Table 2. Case 1 : SUV<sub>max</sub> and count between liver and lesion drawing ROI according to normalization factor

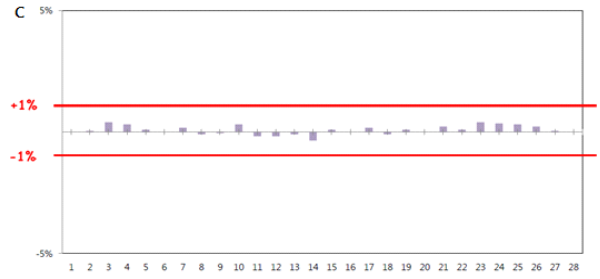
Case1 NF No.	SUV <sub>max</sub>		Count (kBq/ml)	
	liver	lesion	liver	lesion
1	2.47	22.61	8.80	80.90
2	2.46	22.60	8.78	80.91
3	2.49	22.52	8.80	80.88
4	2.47	22.54	8.91	80.99
5	2.45	22.59	8.82	80.80
6	2.49	22.61	8.90	80.91
7	2.47	22.57	8.87	80.86
8	2.50	22.63	8.92	81.55
9	2.50	22.62	8.93	80.99
10	2.45	22.54	8.81	80.75
11	2.49	22.65	8.86	81.15
12	2.47	22.65	8.85	81.16
13	2.47	22.63	8.88	81.18
14	2.46	22.69	8.82	81.20
15	2.49	22.59	8.91	80.70
16	2.48	22.61	8.86	80.95
17	2.48	22.57	8.87	80.82
18	2.47	22.63	8.81	81.05
19	2.47	22.59	8.78	80.90
20	2.49	22.61	8.88	80.97
21	2.47	22.57	8.81	80.77
22	2.45	22.63	8.80	80.86
23	2.45	22.59	8.86	80.80
24	2.48	22.61	8.86	80.71
25	2.49	22.56	8.81	80.85
26	2.45	22.59	8.81	80.85
27	2.50	22.52	8.78	80.90
28	2.48	22.53	8.80	80.90
29	2.50	22.54	8.80	80.
30	2.48	22.56	8.77	80.93

Table 3. Case 2 : SUV<sub>max</sub> and count between liver and lesion drawing ROI according to normalization factor

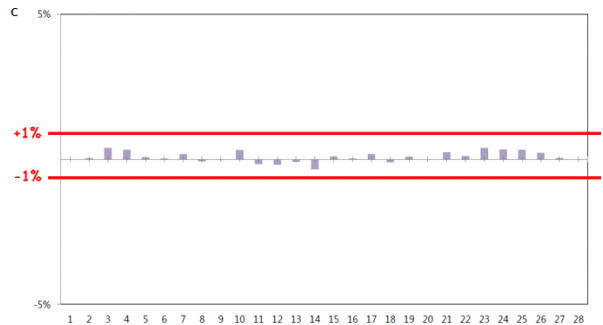
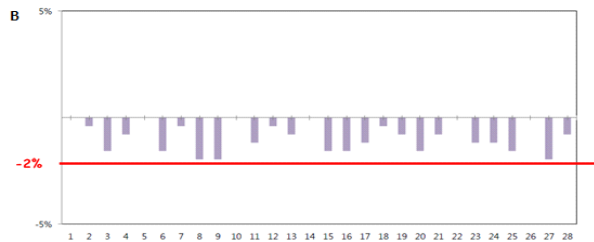
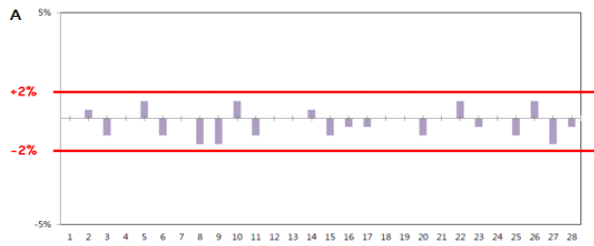
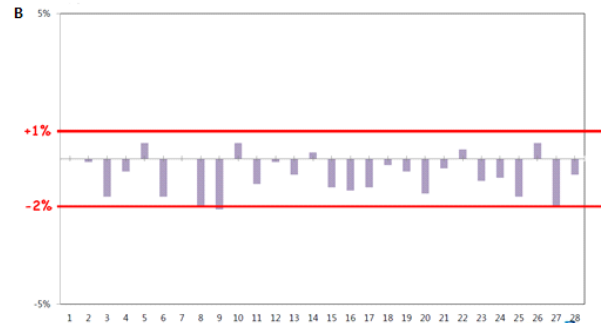
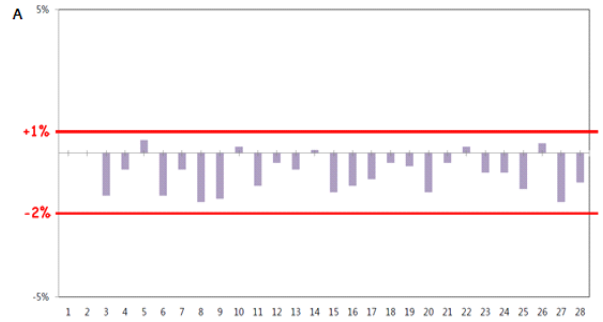
Case2 NF No.	SUV <sub>max</sub>		Count (kBq/ml)	
	Liver	Lesion	Liver	Lesion
1	2.47	22.58	8.79	80.97
2	2.48	22.58	8.80	80.94
3	2.42	22.61	8.93	80.65
4	2.45	22.62	8.85	80.70
5	2.45	22.58	8.76	80.91
6	2.47	22.62	8.93	80.95
7	2.46	22.59	8.85	80.82
8	2.50	22.61	8.95	81.03
9	2.45	22.64	8.94	80.99
10	2.40	22.53	8.78	80.71
11	2.46	22.65	8.90	81.10
12	2.47	22.63	8.83	81.12
13	2.46	22.61	8.85	81.04
14	2.46	22.67	8.79	81.25
15	2.45	22.61	8.90	80.89
16	2.48	22.59	8.83	80.95
17	2.47	22.56	8.85	80.82
18	2.46	22.61	8.79	81.05
19	2.46	22.59	8.92	80.90
20	2.49	22.59	8.90	80.97
21	2.46	22.59	8.88	80.77
22	2.44	22.61	8.83	80.88
23	2.46	22.58	8.84	80.65
24	2.45	22.59	8.92	80.69
25	2.44	22.60	8.83	80.70
26	2.43	22.61	8.78	80.79
27	2.46	22.53	8.86	80.93
28	2.46	22.51	8.86	80.97
29	2.48	22.52	8.91	80.93
30	2.51	22.54	8.77	80.93

**Table 4.** Case 3 : SUV<sub>max</sub> and count between liver and lesion drawing ROI according to normalization factor

Case3 NF No.	SUV <sub>max</sub>		Count (kBq/ml)	
	Liver	Lesion	Liver	Lesion
1	2.43	22.61	8.71	80.94
2	2.46	22.52	8.76	80.91
3	2.40	22.60	8.85	80.69
4	2.46	22.59	8.91	80.72
5	2.46	22.58	8.92	80.88
6	2.49	22.58	8.93	80.90
7	2.45	22.61	8.85	80.71
8	2.48	22.62	8.92	81.12
9	2.50	22.60	8.91	80.52
10	2.40	22.57	8.81	80.75
11	2.44	22.61	8.91	81.75
12	2.46	22.62	8.86	81.16
13	2.45	22.60	8.91	81.17
14	2.45	22.66	8.81	81.35
15	2.44	22.60	8.91	80.95
16	2.46	22.58	8.91	80.96
17	2.45	22.58	8.85	80.98
18	2.44	22.60	8.79	81.52
19	2.46	22.59	8.75	80.95
20	2.44	22.60	8.91	80.99
21	2.46	22.61	8.91	80.98
22	2.42	22.50	8.92	80.96
23	2.41	22.58	8.84	80.96
24	2.47	22.60	8.92	80.96
25	2.46	22.58	8.83	80.85
26	2.48	22.59	8.78	80.81
27	2.46	22.56	8.86	80.95
28	2.48	22.60	8.82	80.99
29	2.44	22.59	8.85	80.99
30	2.53	22.56	8.79	80.96



**Fig. 5.** This graph was expressed by SUV<sub>max</sub> comparison according to normalization factor. A: case 1 SUV<sub>max</sub> comparison, B: case 2 SUV comparison, C: case 3 SUV comparison.



**Fig. 6.** This graph was expressed by count comparison according to normalization factor. A: case 1 count comparison, B: case 2 count comparison, C: case 3 count comparison.

## 결론 및 고찰

본 연구는 daily QA를 통해 30개의 다른 NF값을 얻고, 이를 적용해 재구성된 PET 영상의  $SUV_{max}$  와 Count 에는 크게 영향이 없다는 것을 확인하였다. 또한 30일 동안 획득한 NF값 크게 차이가 없음을 알 수 있었다. 30일 동안의 NF값의 차이가 크게 없기 때문에 QA의 필요성을 간과할 수 있지만, 위 과정을 통해 PET scanner의 왜곡된 여현곡선(Sinogram)을 확인할 수 있고, 모든 디텍터의 효율, 광전자증배관의 이득 값의 차이, 장비에 입사하는 감마선의 각도 및 위치 등 여러 비균일성을 보정할 수 있다.

## 요 약

QA 과정을 통해 30개의 정규화 보정값을 얻고, 1개의 기준 데이터 설정 후 29개의 정규화 보정값과 비교하였다. 또한 각 정규화 보정값을 PET raw data 에 적용시켜 재구성된 영상을 동일한 ROI를 그려 SUV 와 count 로 비교평가 하였다. 30개의 정규화 보정값은 차이가 발생하지 않았으며, 각각의 정규화 보정값을 적용시킨 PET 영상도 크게 차이가 없었다. 핵의학 영상은 정량분석을 위해 불감시간 보정 및 광자의 감쇠 및 산란 등 물리적 현상에 대한 보정이 필요하고, 정규화 보정 또한 무시할 수 없는 보정 과정이다. 따라서 이런 과정을 통해 PET 장비의 균일성이 유지되고 여러 디텍터의 효율도 균등해야 영상의 왜곡을 방지할 수 있고, 질 좋은 영상을 만드는데 꼭 필요한 과정이므로 매일 QA 과정이 필요하다고 사료된다.

## REFERENCES

1. 김진수, 이재성, 천기정. 핵의학 영상의 물리적 인공산물 보정 : 정규화보정 및 감쇠보정. Nucl Med Mol Imaging. 2008;42(2):112-117.
2. Defrise M, Townsend DW, Bailey D, Geissbuhler A, Michel C, Jones T. A normalization technique for 3D PET data. Phys Med Biol. 1991;36:939-952.
3. Badawi RD, Ferreira NC, Kohlmyer SG, Dahlbom M, Marsden PK, Lewellen TK. A comparison of normalization effects on three whole-body cylindrical 3D PET systems. Phys Med Biol. 2000;34:3253-3266.
4. Oakes TR, Sossi V, Ruth TJ. Normalization for 3D PET with a low-scatter planar source and measured geometric factors. Phys Med Biol. 1998;43:961-972.