

Barium 조영제의 농도 차이가 PET 검사에 미치는 영향

서울아산병원 핵의학과

최우준 · 신상기 · 남기표 · 박순기

Influence on PET Exam Caused by Density Differences of Barium-sulfate Contrast Media

Woo Joon Choi, Sang Ki Shin, Ki Pyo Nam, Soon Ki Park

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

Purpose: The evaluation of SUV (Standardized Uptake Values) for quantitative analysis in PET exam is the most significant. In PET exam, we make attenuation correction images by using ^{68}Ge , ^{137}Cs or CT data. At this time, a distorted attenuation map affects quantitative analysis. After the exam using barium-sulfate and high density of barium contrast make attenuation map distorted. And then it brings bad influences on SUV. The aim of this study is to verify the relationship between high density barium-sulfate and SUV in PET exam. **Materials and Methods** By using ^{18}F -FDG, we made barium-sulfate powder, density of 0, 1.5, 3, 5, 10 and 15% respectively and acquired PET and PET/CT images per each density. And we examined SUV variations from PET and PET/CT images according to differences of barium's density. Moreover, we finally calculated SUV causing variations in HU (Hounsfield Units) values to justify whether the differences of barium density bring any changes in PET/CT exam. **Results:** From PET images acquired from transmission scan with ^{68}Ge , we got SUV figures from 6.46 to 6.8 in barium density between 0 to 15 percent. On the other hand, In PET images acquired from Tx scan that using CT, SUV was 6.77 to 23.73, derived from the same barium density. And CT HU values range from 29 to 2004. **Conclusion:** PET images from Tx data using ^{68}Ge weren't affected by barium density and had no differences in SUV. But in the PET/CT images using CT Tx data, there's considerable variations in HU and SUV values according to a difference of barium density in HU values. To perform a precise examination, barium sulfate should be removed from a human body before performing a PET exam. (**Korean J Nucl Med Technol 2008;12(1): 27-32**)

Key Words : Barium, SUV, HU, PET, PET/CT

서 론

양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography, PET)은 양전자를 방출하는 방사성동위원소에 의약품을 표지하여

체내에 투여하고, 방사성동위원소가 체내에서 소멸되며 방출되는 감마선을 외부에서 검출하여 체내분포를 영상화하는 방법이다. PET에서 정량적인 분석을 위한 SUV (Standardized Uptake Values)의 평가는 무엇보다 중요하다. 정확한 SUV를 구하기 위하여서는 방출영상뿐만 아니라 감쇠보정을 위한 투과영상이 필요하다. PET에서는 ^{68}Ge , ^{137}Cs , CT의 투과영상을 이용하여 감쇠보정영상을 만들고, 이때 왜곡된 attenuation map은 PET검사의 정량분석에 많은 영향을 미치게 된다. 영상의학과에서 barium 조영제를 사용한 검사를 시행한

- Received: October 15, 2007. Accepted: October 30, 2007.
- Corresponding author: **Woo Joon Choi**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1, Pung nap-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-5425, Fax: +82-2-3010-5429
Email: cwjnm@dreamwiz.com

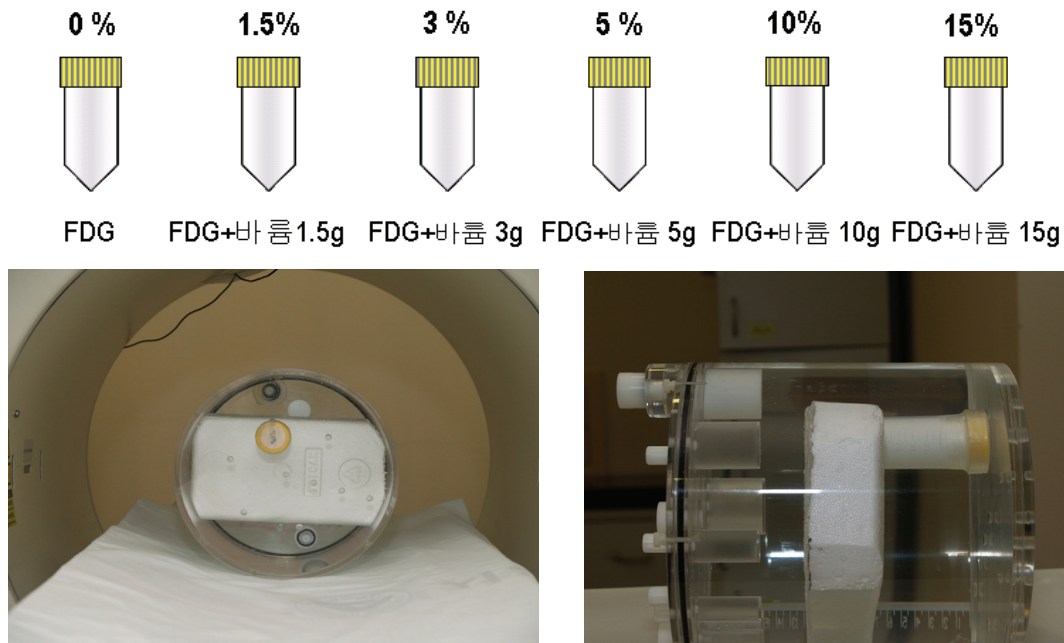


Fig. 1. Phantom Image acquisition at each Barium density.

후 PET검사를 시행하게 되면, barium 조영제의 높은 밀도 때문에 왜곡된 attenuation map을 만들고, 감쇠보정영상에 영향을 미치게 되며 이로 인해 SUV에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

본 연구는 barium 조영제의 농도가 PET검사의 영상과 SUV에 미치는 영향을 알아보고, CT의 HU (Hounsfield Units)의 변화와 PET의 SUV의 상관관계를 알아보고자 한다.

대상 및 방법

영상을 얻기 위해 사용된 PET scanner는 biograph sensation 16 with pico 3D (Siemens, Knoxville, Tenn.)와 ECAT EXACT HR+ (Siemens, Knoxville, Tenn.) 모델이고, phantom은 Jaszczak deluxe ECT phantom (data spectrum co.) 모델이다. $^{18}\text{F-FDG}$ 1.5 mCi를 증류수 8,000 cc에 희석하고, 희석한 $^{18}\text{F-FDG}$ 를 사용하여 황산바륨 분말을 각각 0%, 1.5%, 3%, 5%, 10%, 15% 농도로 만든 뒤, centrifuge tube에 농도별로 넣고 Jaszczak deluxe ECT phantom에 장착하여 PET & PET/CT 영상을 얻었다.

Phantom 실험으로 barium 조영제의 농도 15%까지 변화에 따른 SUV의 변화와, HU의 변화를 알아보고, 영상의학과에서 시행하고 있는 검사 중에서 CT (Computed Tomo-

graphy)에서 사용되는 낮은 농도의 barium 조영제 이지시티를 사용하는 경우와 투시조영실에서 사용되는 높은 농도 (220%)의 barium 조영제를 사용하는 경우 실제 환자의 결과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 $^{18}\text{F-FDG}$ 영상, 이지시티 복용 후 $^{18}\text{F-FDG}$ 영상, 220% 황산바륨 복용 후 $^{18}\text{F-FDG}$ 영상을 얻었다. Acquisition parameter는 phantom에서 biograph sensation 16에서 120 kVp, 100 mAs, Emission 2 min/1 bed, ECAT EXACT HR+에서 Emission 6 min, transmission 4 min/1 bed 영상을 얻었고, 환자에서는 Biograph Sensation 16에서 120 kVp, 100 mAs, Emission 2 min/bed/7 bed, ECAT EXACT HR+에서 Emission 6 min, Transmission 4 min/6 bed의 영상을 얻었다. 정량분석은 siemens syngo MI application software를 사용하였다.

결 과

Barium 조영제의 농도차이에 따른 PET & PET/CT에서의 영상과 SUV의 변화를 알아보고, PET/CT에서 Barium 조영제의 농도차이가 CT의 HU에 어떠한 변화를 가져오는지, CT의 HU의 변화에 따른 SUV를 측정하였다.

Phantom영상에 대한 육안분석에서 ^{68}Ge 을 이용하여 투과영상을 만드는 HR+에서는 Barium 조영제의 농도에 따른 영

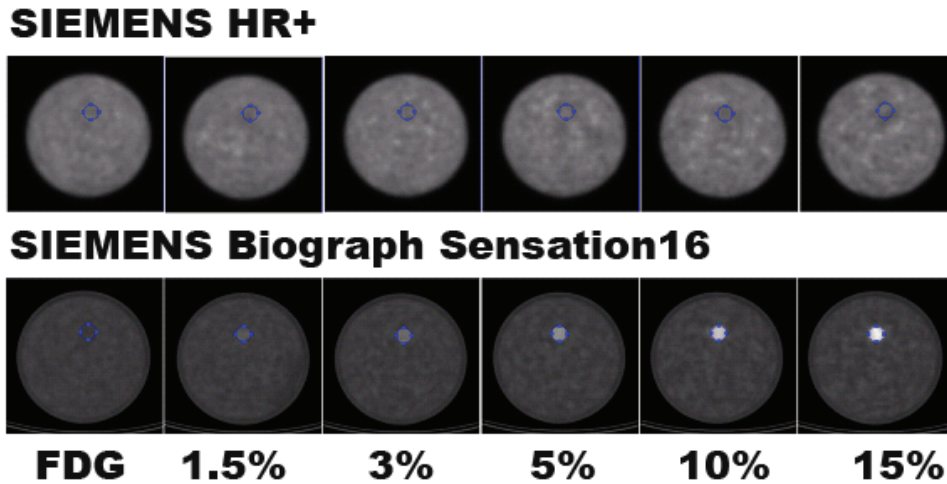


Fig. 2. Phantom Images from PET and PET/CT at each Barium density.

	0% (FDG)	1.5%	3%	5%	10%	15%
SUV _{avg}	6.48	6.46	6.47	6.61	6.80	6.46
SUV _{max}	7.63	7.38	7.45	8.22	8.47	8.48

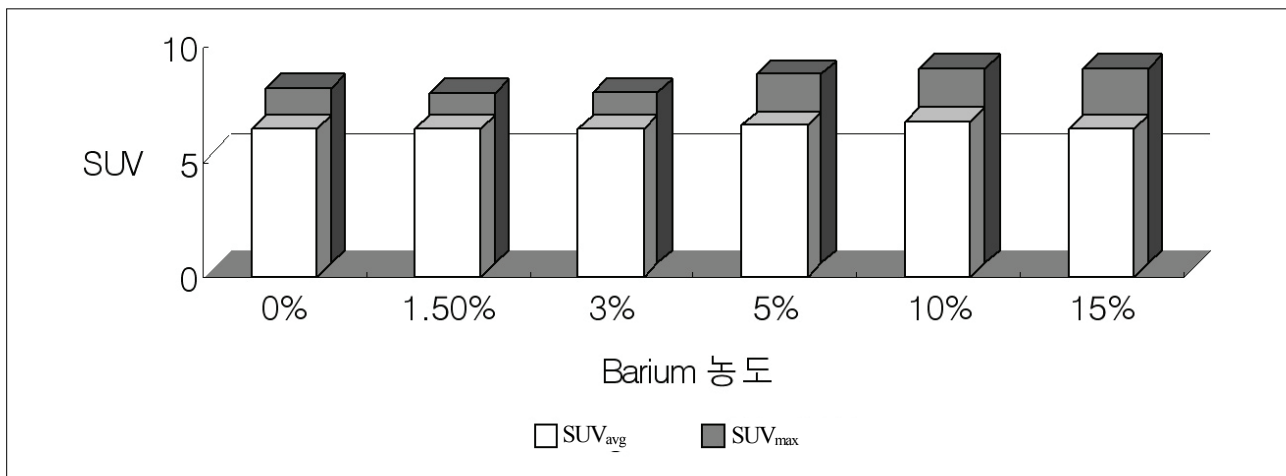


Fig. 3. SUV estimation results from HR+ using ⁶⁸Ge.

상의 변화가 없었으나, CT를 이용하여 투과영상을 만드는 Biograph Sensation 16에서는 Barium 조영제의 농도에 따라 영상의 변화를 보여주었다. 특히 Barium 조영제의 농도가 높아질수록 영상에서 보이는 변화가 심하였다.

HR+의 SUV_{avg}와 SUV_{max}를 비교하였을 때 barium 조영제의 농도 0%에서 15%까지 SUV_{avg}는 큰 차이를 보이지 않았고, SUV_{max}에서는 barium 조영제의 농도가 증가함에 따라 약간의 SUV 증가를 보여주었으나, 전반적으로 SUV에 큰 차이를 보여주지 않았다.

Biograph sensation 16에서는 barium 조영제의 농도가 증가

함에 따라 SUV_{avg}와 SUV_{max}가 증가하였고, 특히 barium 조영제의 농도 5% 이상에서는 크게 증가하는 모습을 보여주었다.

Barium 조영제의 농도가 증가함에 따라 CT HU이 증가되었고, PET의 SUV도 증가하는 모습을 보여주었다.

환자에서 barium 조영제의 영향을 알아보기 위해 ¹⁸F-FDG 영상, CT실에서 사용하는 낮은 농도의 Barium 조영제인 “이지시티” 복용 후 ¹⁸F-FDG 영상, 투시조영실에서 사용하는 높은 농도(220%)의 barium 조영제를 복용하고 3일째 ¹⁸F-FDG 영상을 얻었다. 그림 6에서 보이는 것과 같이 “이지

	0% (FDG)	1.5%	3%	5%	10%	15%
SUV _{avg}	6.77	8.73	8.77	10.54	16.37	23.73
SUV _{max}	10.08	11.79	12.46	14.12	26.89	34.73

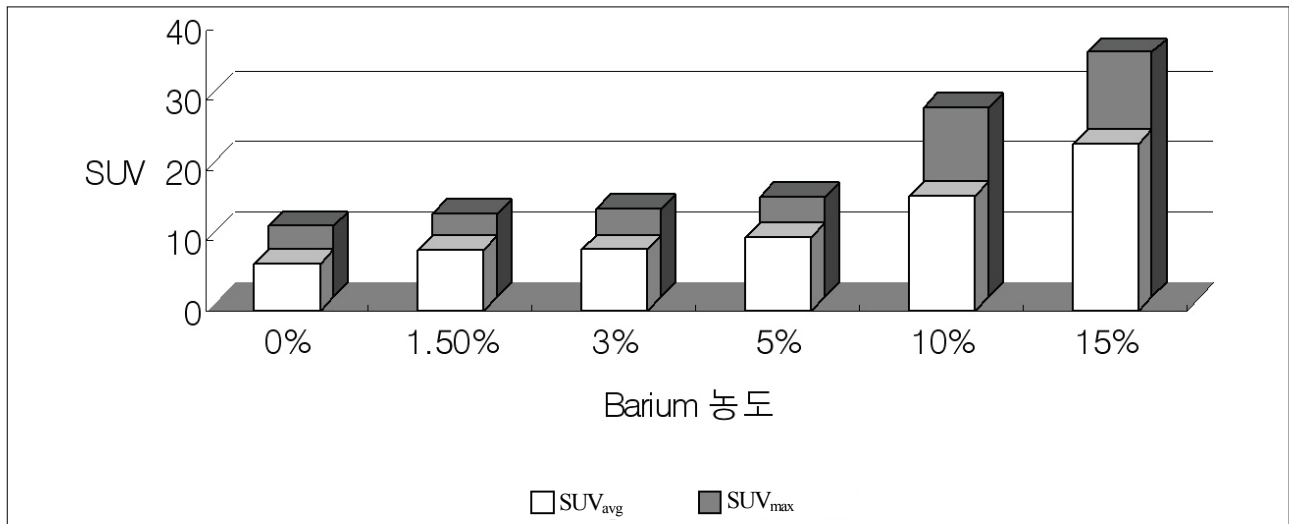


Fig. 4. SUV estimation results from biograph sensation 16 using CT.

	0% (FDG)	1.5%	3%	5%	10%	15%
HU _{Max}	29	244	472	751	1426	2004
SUV _{max}	10.08	11.79	12.46	14.12	26.89	34.73

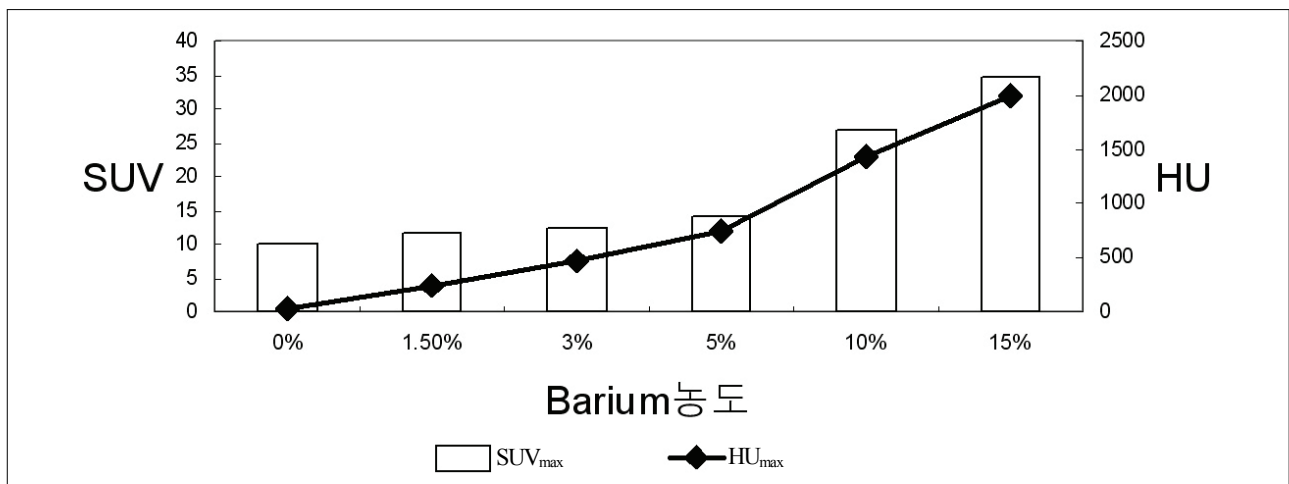


Fig. 5. Correlation between HU from CT and SUV from PET on biograph sensation 16.

시티” 복용 후 얻은 ¹⁸F-FDG 영상은 ¹⁸F-FDG 영상과 비교 하였을 때 육안적으로 보이는 차이가 없었으나, 높은 농도의 barium 조영제를 복용하고 3일째 얻은 ¹⁸F-FDG 영상에서는 ¹⁸F-FDG 영상과 비교하였을 때 Barium이 남아있던 colon 쪽에 FDG 집적 양상의 영상을 보여주었다.

육안적으로 높은 농도의 barium 조영제를 복용 후 얻은 ¹⁸F-FDG 영상에서, 낮은 농도의 barium 조영제인 “이지시 티”를 복용 후 얻은 ¹⁸F-FDG 영상은 차이를 보이기 때문에 정량분석에서 어떠한 차이를 보이는지 알아보기 위하여 FDG 집적 양상을 보이는 곳에 관심영역을 설정하여서 HU

Biograph Sensation 16

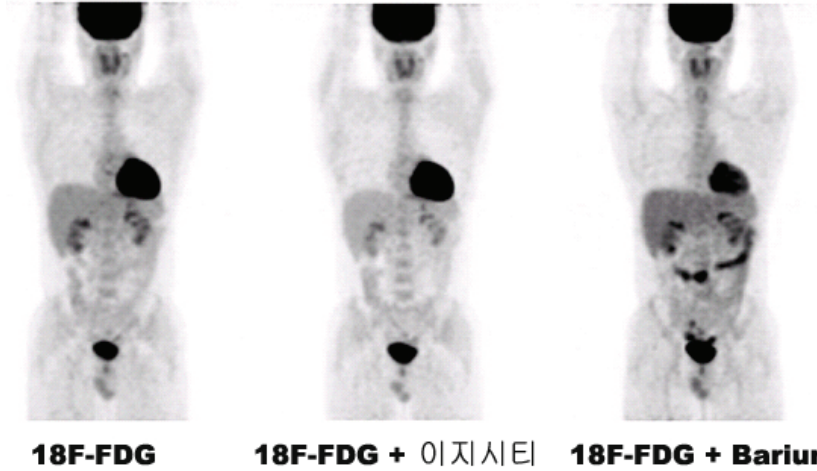


Fig. 6. ^{18}F -FDG image, ^{18}F -FDG image after Easy-CT administration and 3rd day's ^{18}F -FDG image after Barium administration.

	^{18}F -FDG	^{18}F -FDG + 이지시티	^{18}F -FDG + Barium
HU _{max}	150	270	3071
SUV _{max}	1.71	1.40	5.75

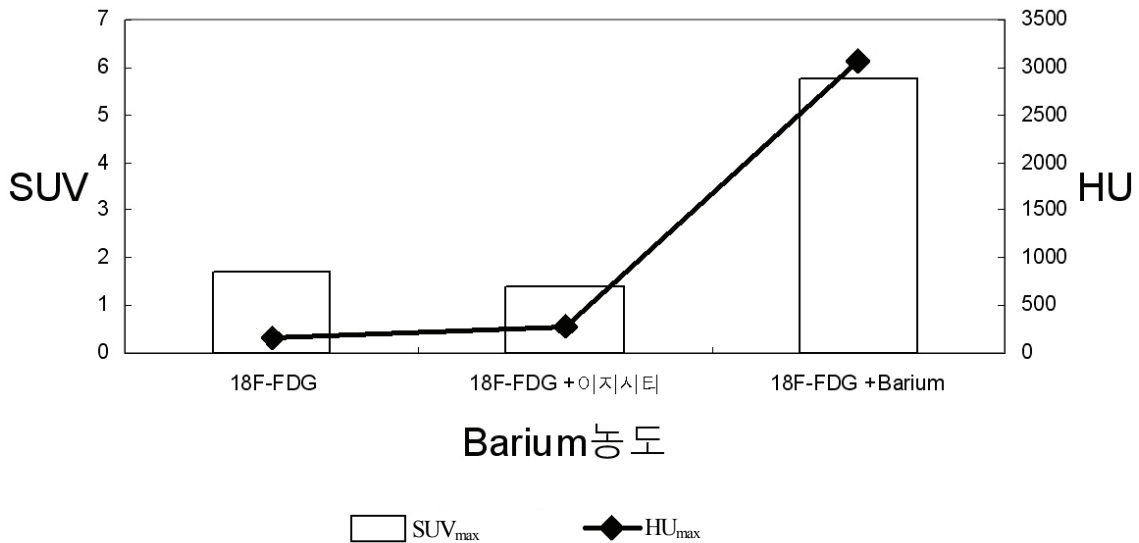


Fig. 7. Results from comparison between SUV and HU at the point of ^{18}F -FDG concentration.

와 SUV를 비교하였다. ^{18}F -FDG 영상, “이지시티” 복용 후 얻은 ^{18}F -FDG 영상과 비교하였을 때, 높은 농도의 barium 조영제를 복용하고 3일째 얻은 ^{18}F -FDG 영상에서의 CT HU와 PET의 SUV가 크게 증가함을 알 수 있었다.

CT로 감쇠보정을 한 biograph sensation 16에서 보여주는 colon의 FDG 집적 양상이 ^{68}Ge 로 감쇠보정을 한 HR+에서

는 보이지 않았다.

FDG 집적 양상이 보이는 부분에 관심영역을 설정하여 SUV를 측정하였더니, HR+에서 1.04, biograph sensation 16에서 5.75를 측정할 수 있었다.

결 론

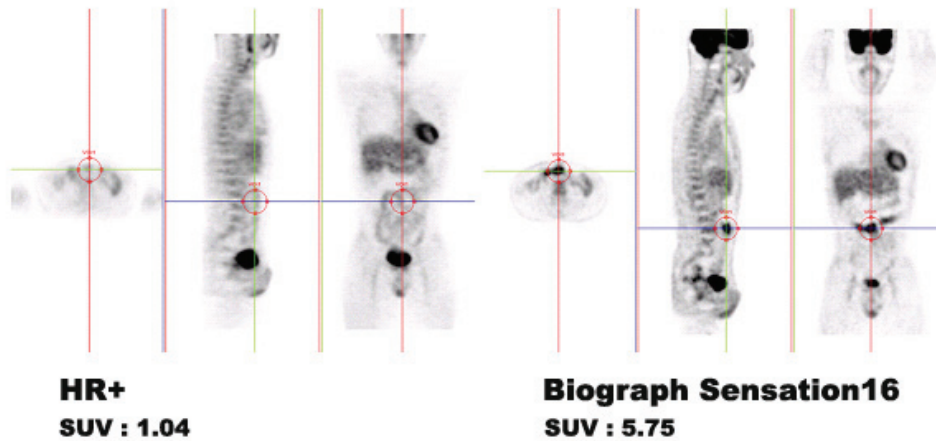


Fig. 8. Images from HR+ and biograph sensation 16 after Barium administration.

⁶⁸Ge을 이용하여 투과영상을 얻는 HR+에서는 Barium 조영제의 농도 차이에 크게 영향을 받지 않고, 감쇠보정영상을 만들었으며 phantom과 환자의 영상, SUV에 큰 차이가 없었다. CT를 이용하여 투과영상을 얻는 biograph sensation 16에서는 낮은 농도의 Barium 조영제인 “이지시티”를 복용 후 얻은 영상에서는 영상과 SUV에 큰 차이가 없었으나, 높은 농도의 Barium 조영제를 복용 후 얻은 영상에서 Barium 조영제가 남아있는 위치에 FDG의 집적이 증가하였으며, CT의 HU과 SUV에서 큰 차이를 보여주었다. “이지시티”와 같이 Barium 농도가 낮은 조영제의 경우에는 영상과 SUV에 큰 영향을 미치지 않지만, 일정 농도 이상의 Barium 조영제는 영상과 HU, SUV에 많은 영향을 미쳐 왜곡된 결과를 초래한다.

¹⁸F-FDG PET검사서 정확한 정량분석을 위해서, CT실에서 사용하는 낮은 농도의 Barium 조영제인 “이지시티”를 복용 후 PET검사는 시행해도 큰 영향은 없으나, 높은 농도의 Barium 조영제를 사용하는 UGI, esophagography 등의 검사 후 PET/CT 검사는 CT에서 HU의 차이를 발생시켜서 영상과 SUV의 왜곡된 결과를 초래하므로, PET검사를 Barium 조영제를 사용한 검사를 시행하기에 앞서서 먼저 시행하여야 하고, 높은 농도의 Barium 조영제를 사용한 검사가 있을 경우에는 Barium 조영제가 몸에서 제거된 후 검사를 시행하여야 하며, 부득이한 경우에는 dedicate PET에서 검사를 시행하여 정확한 환자정보를 제공하여야 한다.

REFERENCES

1. Cohade C, Osman M, Nakamoto Y, et al. Initial Experience with Oral Contrast in PET/CT: Phantom and Clinical Studies. *J Nucl Med.* 2003;44:412-416.
2. Dizendorf E, Hany T, Buck A, et al. Cause and Magnitude of the Error Induced by Oral CT Contrast Agent in CT-Based Attenuation Correction of PET Emission Studies. *J Nucl Med.* 2003;44:732-738
3. Nehmeh S, Erdi Y, Kalaigian H, et al. Correction for Oral Contrast Artifacts in CT Attenuation-Corrected PET Image Obtained by Combined PET/CT. *J Nucl Med.* 2003;44:1940-1944.
4. Nakamoto Y, Osman M, Cohade C, et al. PET/CT: comparison of quantitative tracer uptake between germanium and CT transmission attenuation-corrected images. *J Nucl Med.* 2002;43:1137-1143.