

Original Article **방광 팬텀 제작을 통한 충만여부에 따른 방광 주변 병변에 대한 영상 평가**

서울대학교병원 핵의학과  
박찬록 · 김재일 · 이홍재 · 김진의

**Development of Bladder Phantom and Image Evaluation of Lesion in the Vicinity according to Filling and Empty Bladder**

Chan-Rok Park, Jae-Il Kim, 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 quality of lesion in the vicinity according filling and empty bladder developing bladder phantom.
<b>Materials and Methods</b>	Bladder phantom was developed by modifying NEMA IEC body phantom. Air-balloon was described as bladder and 6 insert were set as lesion in the vicinity bladder according to distance. The images were evaluated in terms of % BV, comparison of SUV and peak count rate (Single, Random and True count).
<b>Results</b>	% BV was decreased far away from bladder. There were different for SUV about $7.8 \pm 3.8$ % between filling and empty bladder. True count rate was decreased about 38 %. Single and random count were increased about 44, 61%.
<b>Conclusion</b>	When the lesion is close to bladder, noise is increased. That's why prior to PET-CT scan, It is important to urinate. and It helps patient to get the accurate result.
<b>Key Words</b>	NEMA IEC body phantom, bladder phantom, PET-CT

**서 론**

PET-CT는 생화학적인 영상을 구현하여 인체 내 각종 대사를 영상화 하는 검사로써 암을 조기에 진단하고 미세한 병소를 찾는 데 탁월한 검사방법이다.<sup>1)</sup> 그 중 PET검사를 하는 데에는 악성 종양 세포에서 포도당대사가 정상세포보다 활발함을 이용하여 <sup>18</sup>F-FDG를 가장 많이 사용하고 있다.<sup>2)</sup> PET-CT검사에 있어 전립선암, 방광암에 일부 환자들은 검사 전 소변의 배설이 어려운 환자의 경우 방광에 모인 소변으로 인해 병변의 구별이 어려움이 발생 할 수 있다. 그러므로 본 연구는 NEMA IEC body phantom을 변형해 방광을 모사하는 bladder phantom을 제작하여 소변의 충만 여부에 따른 방광에 찬 소변

이 주변에 미치는 영향을 평가해보고자 함이다.

**실험재료 및 방법**

**1. 실험대상 및 방법**

이 실험에 사용한 장비는 Biograph mCT40 (siemens, germany)이고(Fig. 1), NEMA IEC body 팬텀을 사용하였다.



Fig. 1. The experiments were performed by Biograph mCT40.

• Received: March 18, 2016 Accepted: April 15, 2016  
• Corresponding Author: **Chan-Rok Park**  
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, 101 Daehangno, Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea  
Tel: +82-2-2072-3937, Fax: +82-2-747-0208  
E-mail: nadecos@naver.com

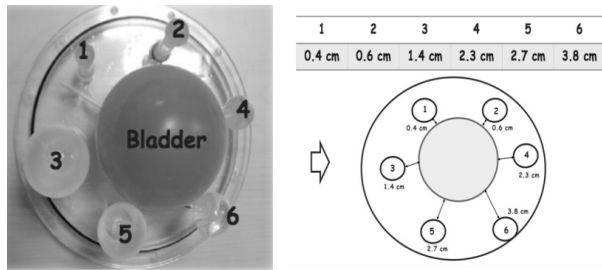


Fig. 2. 6 inserts were set according to distance from the bladder.

팬텀의 원통형 삽입물(cylindrical insert)을 제거하고, 방광을 모사하기 위해 고무풍선을 삽입하였다. 팬텀에 삽입된 6개의 insert는 방광 주변의 병변으로 설정하였다. 6개의 hot sphere에 대한 방광에서부터 거리(0.4, 0.6, 1.4, 2.3, 2.7, 3.8 cm)를 측정하여 번호를 부여하였다(Fig. 2). 그리고  $^{18}\text{F}$ -FDG를 6개의 insert에 각각 14.8 MBq (400  $\mu\text{Ci}$ ), background 110 MBq (3 mCi), 방광에 74 MBq (2 mCi)를 주입하였고, 방광에 소변의 충만을 나타내기 위해 물 200 ml를 주입하였다.<sup>2)</sup> CT 촬영조건은 관전압(120 kVp)과 관전류(70 mAs)를 적용하였고, 3분간 영상을 획득하였다. 획득한 영상은 TrueX+TOF (iteration : 2, subset : 21), gaussian filter 5 mm로 재구성 하였다.

## 2. 평가 방법

### 1) % BV (percent background variability)

소변이 방광에 충만 했을 때와 비어있을 때를 비교하였다. 방광으로부터의 거리에 따라 3, 6, 9, 12시 방향의 관심영역을 설정하였다(Fig. 3). 그리고 식(1)을 이용해 각 방향에 따라 표준편차 값과 평균 카운트로 %BV를 계산하여 평가하였다.<sup>3)</sup>

$$\%BV = \frac{SD_j}{C_{B,j}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

SD<sub>j</sub> Standard deviation of the background ROI

C<sub>Bj</sub> Average counts of the background ROI

Table 1. %BV results at 0.7 cm

거리 (cm)	방향 (0'clock)	counts		SD		%BV	
		F	E	F	E	F	E
0.7	12	166.3	113.2	36.1	19.5	23	4
	3	146.6	100.1	43.7	11.3	30	11
	6	150.9	106.2	36.8	12.0	25	11
	9	193.4	137.8	24.5	12.1	12	9

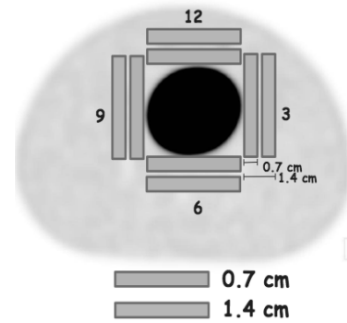


Fig. 3. %BV were evaluated by drawing the ROI at 0.7 and 1.4 cm respectively according to 4 position (12, 3, 6 and 9 o'clock).

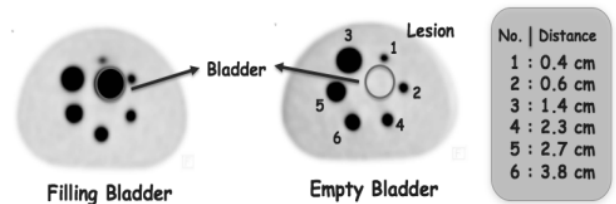


Fig. 4. SUV, peak count rates were evaluated by drawing the ROI from the distance between filling and empty bladder.

### 2) SUV, peak count rates (single, random and true counts)

방광으로부터 거리(0.4, 0.6, 1.4, 2.3, 2.7, 3.8 cm)에 대하여 방광이 충만했을 때와 비어있을 경우 SUV, peak count rates (single, random and true counts)를 구하여 비교 평가 하였다 (Fig. 4).

## 결 과

### 1. % BV (percent background variability)

방광으로부터 0.7 cm와 1.4 cm 떨어진 거리에서 소변이 방광에 채워져 있을 경우와 비워져 있을 경우의 %BV 값을 나타내었다(Table 1, 2). 방광의 충만 여부에 따른 0.7 cm에서의 %BV의 방향에 따른 평균 차이는 약 10%로 방광이 채워져 있을 때

Table 2. %BV results at 1.4 cm

거리 (cm)	방향 (0'clock)	counts		SD		%BV	
		F	E	F	E	F	E
1.4	12	129.3	118.8	10.5	10.8	8	9
	3	156.6	120.3	19.1	12.9	11	11
	6	151.6	132.6	15.9	16.7	11	13
	9	162.2	107.2	15.1	12.9	9	3

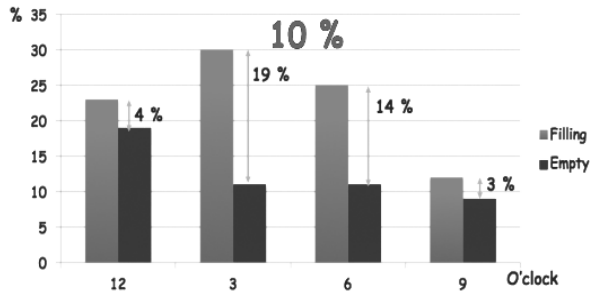


Fig. 5. This graph was expressed by % BV difference between filling and empty bladder at 0.7 cm.

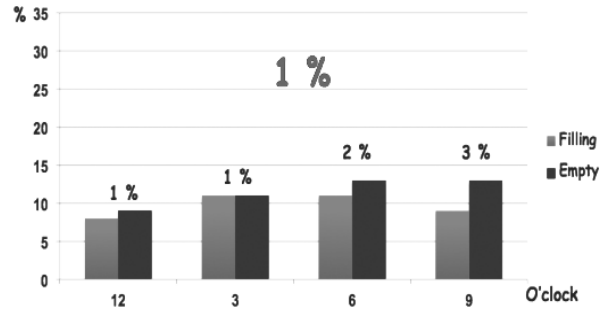


Fig. 6. This graph was expressed by % BV difference between filling and empty bladder at 1.4 cm.

Table 3. SUV results according to distance from the bladder between filling and empty bladder

No.	거리 (cm)	SUV of bladder	
		filling	empty
1	0.4	2.4	2.8
2	0.6	4.0	4.4
3	1.4	6.0	6.3
4	2.3	5.6	6.0
5	2.7	6.6	6.9
6	3.8	5.4	5.9

가 높음을 확인하였다(Fig. 5). 또한 방광으로부터의 거리가 1.4 cm의 %BV는 거의 차이가 없었다(Fig. 6).

## 2. SUV

거리에 따른 6개의 병변에 대한 SUV를 분석하였다(Table 3). 방광 충전 여부에 따라 방광으로부터 가장 가까운 거리인 0.4 cm의 SUV 차이는 약 14%로 높았으며, 나머지 조건의 SUV 차이는 약 6% 차이가 났다(Fig. 7).

## 3. Peak count rates (single, random and true counts)

소변이 방광에 가득 찼을 경우와 비워 있을 경우의 single,

random, true counts 값을 분석하였다(Table 4). 방광이 충전했을 경우 true counts 값은 약 38%로 크게 상승하였지만 single, random counts 값도 44, 61%로 크게 증가하였음을 확인하였다(Fig. 8).

## 결론 및 고찰

본 실험은 방광에 찬 소변으로 영상에 영향을 줄 것을 저하시키고 진단에 어려움을 준다는 것을 확인하였다. 방광에 찬 소변은 그 주변 병변에 영향을 미칠 수 있으며, SUV에도 영향을 미친다. 이를 방지하기 위해 검사하기 전 이뇨제의 투여해서 검사 전 환자의 소변을 비우게 하는 여러 가지 연구가 진행 중에 있다.<sup>4)</sup> 하지만 현실적인 환경에서는 아직 불가능하므로 본 병원에서는 환자에게 소변을 비우고 검사를 하도록 권유하고

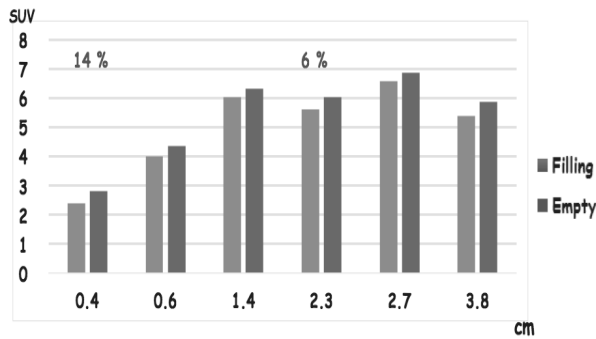


Fig. 7. This graph was expressed by SUV difference between filling and empty bladder.

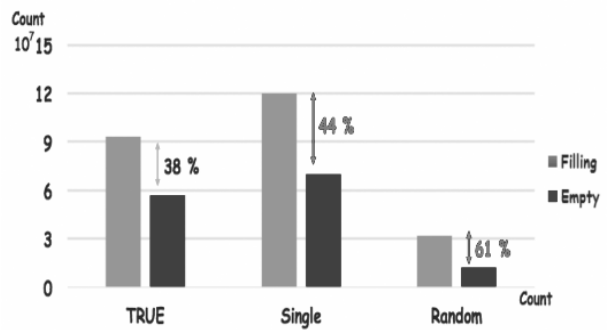


Fig. 8. This graph was expressed by peak count rate difference between filling and empty bladder.

Table 4. Peak count rate results between filling and empty bladder

Peak count rate	filling	empty
true counts	93,883,564	57,812,354
single counts	126,812,211	70,504,956
random counts	32,928,647	12,692,602

있으며, 방광암이나 전립선암과 같이 소변을 비우기 힘든 환자에 한해서는 발부터 촬영하는 방법을 이용하고 있다.

## 요 약

방광 주변에 병변이 있는 환자의 경우 소변의 총만으로 방광 주변에 병변 평가의 영향이 있기 때문에 방광 팬텀을 직접 제작하여 방광 총만 여부에 따라 주변 병변이 미치는 영향을 평가하고자 한다. Biograph mCT40 (siemens, germany)을 사용하여 6개의 insert에 각각 14.8 MBq (400  $\mu$ Ci), Background 110 MBq (3 mCi), 방광에 74 MBq (2 mCi)를 주입하였다. NEMA IEC body 팬텀을 이용하여 고무풍선을 방광으로 대체하고 6개의 insert를 방광 주변 병변으로 설정하고, %BV, SUV, peak count rate의 영상평가 인자를 이용하여 비교하였다. %BV는 방광으로부터 거리가 멀수록 감소하는 것을 확인하였다. 방광으로부터 거리에 따른 hot sphere는 방광의 총만 여부에 따라 7.8 $\pm$ 3.8%의 SUV 차이가 났다. 방광으로부터의 거리가 0.4 cm 이하까지 방광을 비웠을 경우 평균 카운트가 약 14% 높게 측정되었으며, true count는 38% 감소한 반면, single count는 44%, random count는 61% 감소하였다. 그리고 그 이상의 거리에서는 큰 변화를 보이지 않았다. 그러므로 방

광에 찬 소변이 주변 병변에 영향을 미치는 것을 확인하였고, 방광으로부터 거리가 가까울수록 영향이 크다는 것을 확인하였다. 방광이나 방광 주변에 병변이 있는 환자뿐만 아니라 PET-CT 검사를 하는 모든 환자에 있어 방광을 비우고 검사를 하는 것이 정확한 검사를 하는데 도움을 제공해 줄 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. 문아름, 지용기, 최성욱, 이혁, 이규복, 석재동. Fusion & maximum intensity projection 3D 재구성 영상에서 region cut subtraction의 유용성. *핵의학기술*. 2010;14(1):18-23.
2. 이레나, 이지혜, 이경자, 지영. 전립선암 환자의 방사선 치료 시 방광 체적 변화. *방사선방어연구*. 2008;33(2):61-65.
3. YS Lee, JS Kim, KM Kim, JH Kang, SM Lim, HJ Kim. Performance measurement of PSF modeling reconstruction (True X) on Siemens biograph Truepoint True V PET-CT. *The Japanese Society of Nuclear Medicine*. 2014;340-348.
4. 장동근, 양승오, 이상호, 배종림, 김정구. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 검사에 이노제 사용여부에 따른 <sup>18</sup>F-FDG 배설 특성. *방사선 기술과학*. 2012;35(2):151-156.