

PET/CT 검사에서 비스무스(bismuth) 차폐체의 적용에 따른 유용성 평가

- The Usability Evaluation According to the Application of Bismuth Shields in PET/CT Examination -

신구대학교 방사선과¹⁾ · 연세대학교 보건대학원²⁾ · 서울의료원 핵의학과³⁾ · 건국대학교병원 핵의학과⁴⁾ ·
충북대학교 의용생체공학과⁵⁾

박훈희^{1,5)} · 이주영²⁾ · 김지현³⁾ · 남궁식⁴⁾ · 유광열¹⁾ · 이태수⁵⁾

— 국문초록 —

최근 PET/CT는 CT의 발전과 함께, 피폭선량의 저감화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구 중 비스무스(bismuth) 차폐체에 관한 연구가 활발하게 진행 중이지만 현재 PET/CT 검사에서의 적용은 활성화 되지 않았다. 그러므로 본 연구를 통하여 PET/CT 검사에서의 비스무스 차폐체의 적용에 따라 영상의 질과, 표준화섭취계수(SUV)에 미치는 영향을 확인하는데 목적을 두었다.

유방차폐의 적용을 위해 0.06 mm Pb 성분을 포함하고 있는 비스무스 차폐체(AttenuRad_F&L Medical Product Co, USA)를 사용하여 PET/CT 장비 GEMINI TF 64(Philips Healthcare, Cleveland, USA)에 적용하였다. 실험은 NEMA IEC Body Phantom을 사용하여 비스무스 차폐체 적용 유무에 따른 영상을 획득하였다. 또한 적용 시에는 0cm, 1cm, 2cm의 간격 변화를 주어 영상을 획득하였고, 각각의 영상을 EBW(Extended Brilliance Workstation)NM ver.1.0을 이용 팬텀의 Depth에 다른 관심영역을 설정하고 표준섭취계수를 각각 10회씩 측정, 분석하였다. 또한 SPSS ver.18을 통해 통계 분석하였다.

PET의 방출(Emission)영상 획득 시 비스무스 차폐체의 적용으로 발생한 방사선 경화현상에 기인하여 표준섭취계수가 증가한 것을 확인하였으며(P<0.005), 깊이에 따른 차이는 팬텀의 심부에서 표면으로 갈수록 표준섭취계수가 증가하였다(P<0.005). 또한 차폐체 사용 시 간격이 줄어들수록 표준섭취계수가 증가하는 것을 확인하였다(P<0.005).

본 연구를 통해 피폭저감을 목적으로 사용하는 비스무스 차폐체의 PET/CT에서의 검사에 적용을 고려할 수 있다. 차폐체 적용에 따른 표준섭취계수의 차이가 존재하며 그 차이는 차폐체와 표면의 간격이 넓을수록 줄어든다. 그러므로 차폐체의 충분한 간격 설정이 고려되어야 할 것이며, 영상의 질과 표준섭취계수 편차의 감소를 고려한다면, 질환에 따라 표재성 질환보다는 심부나 타 장기의 적용이 우선시 되어야 할 것이다. 또한 비스무스차폐체 사용에 따른 표준섭취계수를 감안한 임상 검사 적용 시, 불필요한 피폭감소 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

중심 단어: 비스무스 차폐체, PET/CT, 표준섭취계수

* 접수일(2014년 1월 3일), 1차 심사일(2014년 2월 10일), 2차 심사일(2014년 3월 3일), 확정일(2014년 3월 14일)

* 본 논문은 2013년 신구대학교 산학협력단 교원연구역량강화사업의 지원으로 진행되었음.

교신저자: 박훈희, (462-743) 경기도 성남시 중원구 광명로 377
신구대학교 방사선과
Tel : 031-740-1638, Fax: 031-740-1589
E-mail : hzpark@shingu.ac.kr

I. 서 론

PET은 각종 생화학적 물질의 생체 내 분포를 영상화하여 인체 내의 생리적 지표들을 정량적으로 측정할 수 있

어 생화학 또는 병리현상의 규명과 질병 진단, 치료 후 예후 판정, 치료계획 등에 유용하게 이용되고 있으며, 그 중요성에 대한 인식이 최근에 매우 높아지고 있다. 개발 초기에는 뇌신경 분야에 주로 이용되었지만 점차 종양 진단 및 평가를 위한 사용이 주를 이루고 있다. 이처럼 PET은 생체의 기능평가에 우수하고, 종양 분야에서 그 활용도가 매우 높지만, 영상의 해상도가 상대적으로 낮고 해부학적 위치와 주변 조직과의 관계를 평가하기 어려운 단점이 있어서, PET 영상으로 해부학적 상세 정보를 구분하기는 어렵다.

PET의 이러한 한계는 X-선 CT와 결합한 PET/CT를 통하여 극복할 수 있었다. 1990년대 말부터 개발되어 2000년대 초에 상용화에 성공한 PET/CT는 현재 각각의 영상장치를 병렬로 배열하고 많은 방사선량을 사용하는 CT를 먼저 촬영한 후 이어서 PET를 촬영하는 방법을 사용하고 있다. 따라서 환자는 동일한 위치에서 이동하지 않고 편리하게 두 영상 검사를 받을 수 있으며, PET와 CT가 융합된 영상을 얻을 수 있다. 또한 이전에는 PET 영상에서 감마선의 감쇠 정도가 체내 위치에 따라 다르고 컴프턴 산란(Compton scattering)이 배경잡음을 유발하는 문제를 해결하기 위한 투과영상(transmission scan)을 외부 감마선원을 이용하여 얻었던 것에 비하여 이를 CT 영상으로 대체함으로써 전체 영상획득에 걸리는 시간을 크게 줄일 수 있게 되었다. 이러한 장점들 때문에 PET/CT는 단독 PET을 빠르게 대체하고 있다.

이에 따라 최근에 PET/CT는 임상에서 다양한 질환에 활용되며 검사수요가 급증하고 있지만, 반면에 환자피폭 선량도 문제가 되고 있다. 사회적으로는 방사선 검사에 따른 환자의 피폭선량에 대한 관심이 증폭되고 있고, 임상과 다르게 왜곡되어 매체를 통해 전달되는 경우도 있으며, 특히 PET/CT 검사 시 환자가 받는 피폭선량은 CT보다 많게는 3배 이상 환자에게 가해진다는 보고 및 보도등과 함께 국민전체의 관심도가 증가하고 있다. 최근에 생산하는 PET 시스템은 기존보다 적은 방사성 의약품을 사용하여 좋은 영상을 얻을 수 있는 단계까지 성장해왔지만, 현실적으로 광범위하게 적용이 어려운 게 사실이다. 이와 다르게 다양한 차폐체가 활용되고 있는 CT 분야의 관련 연구논문의 보고에 따르면 차폐체 자체가 CT영상에 중대한 영향을 미치지 않으며, 특히 Lynne 등¹⁾의 연구에 따르면 유방의 경우 소아는 선량감소효과가 57%, 성인의 경우 41% 저감효과가 있다고 보고되었다.

CT의 발전으로 영상의 질 향상과 더불어 환자의 피폭 선량에 대한 관심도 크게 증가하고 있어 피폭선량의 저감

화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히 비스무스(bismuth)차폐체에 관한 연구가 활발하게 진행 중에 있으며, 임상에서도 다양하게 적용되고 있지만 CT가 장착된 PET/CT 검사에서의 적용은 활성화 되지 않았으며, 이에 대한 연구도 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구를 통하여 PET/CT 검사에서의 비스무스 차폐체의 적용에 따른 CT선량차폐효과를 전제로 PET영상에서의 품질과 반정량적분석에 미치는 영향을 평가함으로써 임상적용의 유용성을 알아보려고 한다.

II. 대상 및 방법

1. 팬텀(Phantom) 제원

팬텀 실험은 National Electrical Manufacturers Association (NEMA) IEC Body Phantom (Fig. 1)을 사용하였고, 지름이 10, 13, 17, 22, 28, 37 mm인 팬텀 내부의 구(sphere) 모두 열소(hot lesion)로 설정하였다. 18F-FDG 방사성의약품을 증류수와 희석하여 팬텀의 배후방사능 5.1 kBq/mL (1.25 μ Ci/mL), 열소 20.4 kBq/mL (5.1 μ Ci/mL)가 되도록 채운 후 구와 배후방사능의 농도비율을 4배로 형성하였다(Fig. 2).

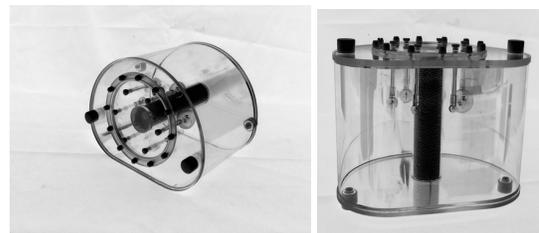


Fig. 1. NEMA IEC Body Phantom

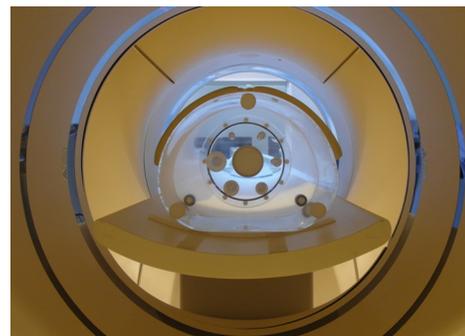


Fig. 2. NEMA IEC body Phantom set contains six coaxial iso-center spheres with diameters of 10, 13, 17, 22, 28 and 37 mm for simulation hot lesion.

2. 차폐체

비스무스 차폐체(AttenuRad_breast, F&L Medical Product,co, USA)는 Pb 0.06 mm의 납당량을 가지고 있는 상품화 된 제품을 사용하였다. 장기별로 안구, 갑상선, 유방 차폐체가 있으며, 본 연구에서는 가장 사용범위가 넓은 유방 차폐체를 사용하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Bismuth Shielding for Breast

3. PET/CT 장비 및 영상획득

PET/CT 장비는 PET/CT - GEMINI TF 64(Philips Healthcare, Cleveland, USA)를 이용하였고(Fig. 4), 크리스탈(crystal)은 LYSO(Lutetium Yttrium Orthosilicate) 섬광체를 사용하였으며, 3D 영상 획득방법을 이용하였다. CT 조건은 120 kVp, 30 mAs 로 영상을 획득하였으며, PET 방출영상은 각 실험마다 2 min 획득하였다. 영상의 재구성에는 TOF OSEM 알고리즘을 사용하였다.



Fig. 4. PET/CT - GEMINI TF 64 (with Astonish)

4. 실험방법

1) 차폐체 유무

조건에 따라 제작된 팬텀으로 검사 조건은 동일하게 유지하였으며, 비스무스 차폐체 사용 유무에 따라 영상을 획득하였다(Fig. 5).

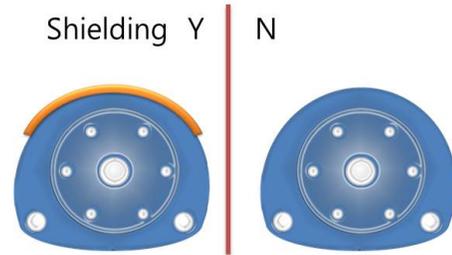


Fig. 5. The presence or absence of bismuth shields apply

2) 차폐체와의 간격

조건에 따라 제작된 팬텀으로 검사 조건은 동일하게 유지하였으며, 팬텀과 차폐체와 간격을 각각 0 cm, 1 cm, 2 cm에 따라 영상을 획득하였다(Fig. 6).

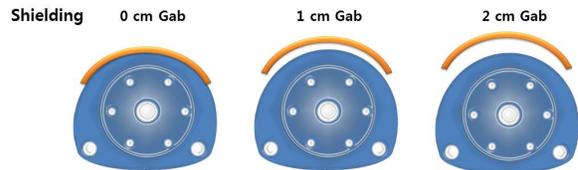


Fig. 6. Images were obtained by varying the spacing 0, 1, 2 cm

3) 영상분석

각각의 조건에 따라 획득된 영상을 워크스테이션 (Extended Brilliance Workstation, NM ver.1.0)을 통해 분석하였으며, 목적인 차폐체 유무, 차폐체와의 간격 외에 깊이에 따른 차이를 확인하고자 표층부터 심부까지 깊이 10%, 55~65%, 80% 세 부분으로 나누어 구분하였고, 각 깊이마다 관심영역($300 \pm 10 \text{ mm}^2$)을 동일하게 설정하여 10회씩 표준화섭취계수(SUV)를 측정하였다(Fig. 7).

이는 차폐체와 피사체사이의 경화 현상에 대한 영향이 심부보다는 표층에서 많은 것이 육안으로 확인이 되며, 중요한 것은 차폐체의 목적은 표재성 장기의 피폭 저감이

므로 추가로 시행하였다. 또한 통계는 SPSS ver.18을 통해 분석하였다.

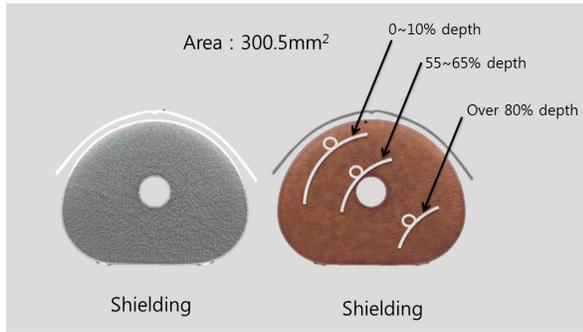


Fig. 7. Region of interest in the depth of the phantom

III. 결과

CT 영상 획득 시 비스무스 차폐체의 사용에 따라 육안상 영상의 잡음이 발생하였으며, 간격을 주지 않고 비스무스 차폐체를 사용하여 측정된 10 % 이하 영역의 표준섭취계수는 평균 1.4~1.7로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.3으로 차이를 보였다. 또한 같은 방법으로 측정된 55~65 % 영역에서는 평균 1.2~1.4로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다. 같은 방법으로 측정된 80 % 영역이상 영역에서는 평균 1.2~1.5로 측정되었고, 차폐체를 사용하지

않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다(Table 1).

1 cm의 간격을 유지한 상태에서 비스무스 차폐체를 사용하여 측정된 10 % 이하 영역의 표준섭취계수는 평균 1.5~1.6로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.3으로 차이를 보였다. 또한 같은 방법으로 측정된 55~65 % 영역에서는 평균 1.2~1.4로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다. 같은 방법으로 측정된 80 % 영역이상 영역에서는 평균 1.3~1.5로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다(Table 2).

2 cm의 간격을 유지한 상태에서 비스무스 차폐체를 사용하여 측정된 10 % 이하 영역의 표준섭취계수는 평균 1.5~1.6으로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.3으로 차이를 보였다. 또한 같은 방법으로 측정된 55~65 % 영역에서는 평균 1.2~1.4로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다. 같은 방법으로 측정된 80 % 영역이상 영역에서는 평균 1.3~1.5로 측정되었고, 차폐체를 사용하지 않은 경우는 1.1~1.2으로 차이를 보였다(Table 3).

통계결과에 있어 다른 변수를 고정하고 비스무스 차폐체의 적용 유무에 따라 동일한 위치의 표준섭취계수는 차폐체를 사용하지 않았을 때는 평균 1.38 ± 0.20 , 차폐체를 사용하였을 때는 평균 1.69 ± 0.10 으로 나타났다. 차폐체를 사용한 경우에 대해 사용하지 않은 경우 표준섭취계수는 0.31의 차이를 보였다(Table 4). 또한 다른 변수를 고정하고 비스무스 차폐체의 간격에 따른 영향은 간격

Table 1. Values of measured SUV in each ROI (0 cm gab)

0 cm gab	< 10% depth				55~65 % depth				80 % depth <				
	MAX		MEAN		MAX		MEAN		MAX		MEAN		
SUV value (ROI = $300 \pm 10 \text{ mm}^2$)	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	
Shielding													
1	2	1.5	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3	1.1	1.7	1.3	1.5	1.2	
2	1.9	1.4	1.6	1.3	1.9	1.3	1.4	1.1	1.7	1.3	1.3	1.1	
3	2	1.3	1.6	1.2	1.6	1.3	1.3	1.1	1.5	1.4	1.3	1.2	
4	2	1.4	1.6	1.1	1.8	1.4	1.4	1.2	1.6	1.3	1.3	1.1	
Each ROI No.	5	2.1	1.4	1.7	1.2	1.5	1.3	1.2	1.1	1.6	1.3	1.3	1.1
	6	1.8	1.4	1.4	1.2	1.5	1.4	1.3	1.1	1.6	1.3	1.3	1.1
	7	1.9	1.4	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	1.1	1.4	1.4	1.2	1.2
	8	2	1.4	1.4	1.3	1.6	1.3	1.2	1.1	1.5	1.3	1.3	1.1
	9	2	1.4	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3	1.1	1.4	1.2	1.2	1.1
	10	2.2	1.5	1.7	1.3	1.5	1.1	1.3	1.1	1.4	1.3	1.2	1.1

Table 2. Values of measured SUV in each ROI (1 cm gab)

1 cm gab	< 10 % depth				55~65 % depth				80 % depth <			
SUV value (ROI = 300±10 mm ²)	MAX		MEAN		MAX		MEAN		MAX		MEAN	
Shielding	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO
1	2	1.4	1.5	1.2	1.6	1.3	1.3	1.1	1.7	1.4	1.5	1.2
2	1.9	1.5	1.6	1.1	1.4	1.3	1.2	1.1	1.6	1.4	1.4	1.2
3	2.1	1.4	1.6	1.2	1.6	1.3	1.4	1.1	1.9	1.5	1.4	1.1
4	2.1	1.4	1.6	1.2	1.5	1.6	1.2	1.2	1.6	1.3	1.3	1.1
5	1.9	1.5	1.6	1.1	1.5	1.3	1.3	1.1	1.7	1.5	1.4	1.1
6	2.3	1.4	1.6	1.1	1.6	1.3	1.3	1.1	1.6	1.3	1.4	1.1
7	2	1.4	1.6	1.2	1.5	1.5	1.3	1.2	1.6	1.4	1.3	1.1
8	1.9	1.6	1.6	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.6	1.4	1.3	1.2
9	1.9	1.5	1.6	1.3	1.8	1.3	1.4	1.1	1.6	1.4	1.4	1.2
10	1.9	1.4	1.6	1.3	1.6	1.4	1.4	1.1	1.6	1.3	1.3	1.1

Table 3. Values of measured SUV in each ROI (2 cm gab)

2 cm gab	< 10 % depth				55~65 % depth				80 % depth <			
SUV value (ROI = 300±10 mm ²)	MAX		MEAN		MAX		MEAN		MAX		MEAN	
Shielding	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO
1	1.7	1.4	1.5	1.2	1.5	1.3	1.3	1.1	1.7	1.6	1.4	1.2
2	1.6	1.4	1.4	1.1	1.6	1.2	1.3	1.1	1.7	1.6	1.4	1.2
3	1.7	1.3	1.5	1.2	1.4	1.3	1.2	1.1	1.6	1.5	1.3	1.1
4	1.7	1.4	1.5	1.2	1.6	1.4	1.4	1.2	1.7	1.6	1.4	1.1
5	1.7	1.4	1.4	1.1	1.7	1.3	1.4	1.1	1.6	1.6	1.4	1.1
6	1.7	1.4	1.6	1.1	1.6	1.4	1.4	1.1	1.7	1.6	1.4	1.1
7	1.6	1.4	1.5	1.2	1.6	1.3	1.4	1.2	1.6	1.5	1.4	1.1
8	1.8	1.4	1.4	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	1.6	1.5	1.3	1.2
9	1.6	1.4	1.4	1.1	1.6	1.2	1.4	1.1	1.5	1.5	1.3	1.2
10	1.8	1.4	1.4	1.1	1.5	1.3	1.3	1.1	1.5	1.4	1.3	1.1

Table 4. Shielding Y/N (Wilcoxon signed rank test)

	N	Avg.	S.D.	Min	Max	P-value
Shielding	90	1.69	0.20	1.40	2.30	<0.005
Non shielding	90	1.38	0.10	1.10	1.60	

Table 5. Gab (Kruskal-wallis test)

	N	Avg.	S.D.	Min	Max	P-value
0 cm	30	1.70	0.24	1.40	2.20	< 0.005
1 cm	30	1.67	0.22	1.40	2.30	
2 cm	30	1.62	0.09	1.40	1.80	

Table 6. Depth (Kruskal-wallis test)

	N	Avg.	S.D.	Min	Max	P-value
< 10 %	30	1.89	0.17	1.60	2.30	< 0.005
55~65 %	30	1.65	0.11	1.40	2.00	
80 % <	30	1.60	0.10	1.40	1.90	

을 주지 않은 경우 동일한 위치에 대해 표준섭취계수는 평균 1.70 ± 0.24 , 1 cm의 간격을 주었을 경우 평균 1.67 ± 0.22 , 2 cm의 간격을 주었을 경우 평균 1.62 ± 0.09 로 나타났다. 차폐체의 간격이 커질수록 표준섭취계수는 감소하는 성향을 보였다(Table 5). 다른 변수를 고정한 상태에서 획득한 영상의 팬텀의 표층과 심부에 있어 표면을 중심으로 10% 이하 영역의 표준섭취계수는 평균 1.89 ± 0.17 , 55~65% 영역에서는 평균 1.65 ± 0.11 , 80% 이상의 영역에서는 평균 1.60 ± 0.10 의 수치를 나타냈다. 표층에서 심부로 갈수록 표준섭취계수가 감소하는 성향을 보였다. 또한 영상의 표면보다 심부에서 표준섭취계수의 편차가 작게 분석되었다(Table 6).

IV. 고 찰

CT 장비 분야에서 1997년 선량감소를 위한 연구로서 비스무스(Bismuth)의 적용이 처음 소개된 후 최근의 연구 및 조사에 이르기 까지 가장 주목되는 점은 환자의 표재성 및 감수성 장기의 피폭감소에 도움이 된다는 것이다^{3,4}. 그와 더불어 방사선영상의 질과는 반대되는 금속성분의 물리적 도구인 비스무스 차폐체를 사용하였으나 임상진단을 위한 영상의 질에는 크게 영향을 주지 않는 점에 대한 연구결과를 발표하였다⁵. 현재 비스무스 차폐체는 유방, 갑상선, 안구, 생식기(고환)등의 장기에 맞춰 사용할 수 있도록 상품화 되어있으며, 연구와 함께 실제 임상에도 적용 중에 있으며, 그 중 유방의 경우 소아 57%, 성인 41%의 감소효과를 얻는 것으로 나타났다^{6,7}. 비스무스의 이러한 특징은 방사성동위원소 주입을 통한 내부 피폭 외에 CT로부터의 외부피폭까지도 함께 고민해야할 PET/CT분야로의 적용 또한 고려해볼만한 가치가 있다고 판단되었고, 그에 따라 본 연구에서는 유방에 대한 피폭 감소를 전제로 PET/CT의 비스무스 차폐체 적용시 이로 인한 영상의 품질과 반정량적 분석에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 특히 유방조직에 대한 차폐체를 선택적으로 적용하여 영상품질과 SUV변화를 우선적으로 평가하였

데 이는 유방의 방사성 감수성에 대한 중요도 및 관심도가 높아졌기 때문이다. 실제로도 방사선방호기구인 ICRP 103에 의해 권고된 조직 가중치가 2배 이상 높아지며 감수성 장기 상위그룹에 포함이 되었으며, 타 장기에 비해서는 낮은 수치이기는 하나 FDG섭취에 따른 피폭선량까지도 과거에 비해 상향되어 권고 되어있는 상황이다¹¹⁻¹³. 비스무스 차폐체가 적용된 PET영상의 표준섭취계수는 적용하지 않은 영상에 비해 증가되었는데 이는 방사선 경화 현상에 기인한 것으로 사료되며, 증가된 표준섭취계수는 피사체의 심부로 갈수록 변화가 거의 없었고, 주로 표면부의 변화가 일어났다. 이는 CT 영상의 영상잡음 증가와 영상 질의 변화 양상과도 동일한 양상을 보였으며, CT 장비 분야의 금속인공물보정이나, 감쇠보정계수 알고리즘 등의 적용, 개발과 더불어 개선의 여지가 충분하다 사료된다⁸. 또한 Fred^{9,10}등의 연구에 의하면 비스무스 차폐체의 적용 유무뿐만 아니라 피사체와 일정간격의 공간을 두었을 때 선량감소효과가 커지는 것으로 보고되었는데 그에 따라 차폐체의 적용에 있어 간격의 변화를 주어 연구를 진행하였고 그 간격의 폭이 커질수록 SUV의 변화는 줄어드는 것으로 확인되었다. 그러나 반드시 간격의 거리와 선량감소효과가 비례하지는 않는 것으로 보고되었기에 다양한 거리에 대한 실험 및 SUV측정은 진행하지 않았다. 그 밖에도 관전압의 변화와 적용부위, 비스무스의 함량차이, 두께 등 여러 요소에 따른 변화요인이 존재하였는데 모든 조건을 적용하여 PET/CT영상의 질과 표준섭취계수차이를 확인하는 다양한 추가 연구가 이루어진다면 임상적용에도 도움이 될 것이다. 이미 CT와 관련된 연구에서도 증명은 되었듯이 임상적 가치를 가지는 영상의 질에는 큰 차이가 없다 하더라도 분명 고유한 물리적 특성값의 변화는 개선의 여지로 남아있다. 특히 표준섭취계수와 같은 PET의 반정량적분석 방법에 있어 이는 반드시 또한 신중히 고려되어야 할 점이기도 하다. 그럼에도 불구하고 비스무스 차폐체의 PET/CT의 적용필요성을 고려하게 된 이유는 분명한 이득이 존재하기 때문이다. 실질적으로도 비스무스차폐체가 CT분야의 임상 적용에 있어 가장 큰 이득이 되는 것은 선량감소를 위한 소프트웨어

나, 하드웨어적인 추가 설치로부터 발생하는 시간, 비용의 문제를 좀 더 저렴하고 편리한 방법으로 비슷한 수준의 이득으로 보완한다는 점에 있다⁸⁾. 이는 PET/CT검사 시 CT에 있어서 이득과 동일시 보아도 무관할 것으로 판단되며, PET영상의 질적 보완 및 사용 방법에 있어서의 개선이 될 만한 연구가 이루어진다면 임상적용의 유용성과 비스무스차폐체 활용범위의 폭이 확대 될 수 있을 것이라 사료된다.

V. 결론

본 연구에 사용된 차폐체(bismuth shield)는 CT선량의 피폭감소효과와 함께 피사체에 인공물에 의한 선속경화영향을 주어 PET영상의 표준섭취계수 편차를 일으키는 것으로 확인하였다. 차폐체를 적용하였을 경우 표준섭취계수는 증가하였으며, 심부보다는 표면이 표준섭취계수가 높았다. 또한 차폐체와 피사체의 간격이 증가함에 따라 표준섭취계수 차이가 줄어들었다. 임상 적용 시 PET영상에서의 표준섭취계수 편차를 고려한다면, 표재성 장기보다는 심부 장기나, 병변(lesion)이 없는 타 장기의 적용이 우선시 되어야 한다.

참고문헌

1. Lynne M.Hurwitz, Terry T.Yoshizumi et al.: Radiation Dose Savings for Adult Pulmonary Embolus 64-MDCT Using Bismuth Breast Shields, Lower Peak Kilovoltage, and Automatic Tube Current Modulation. *AJR Am J Roentgenol*, 192(1), 244-53, 2009
2. Bradley L.Fricke, Lane F.Donnely et al.: In-Plane Bismuth Breast Shields for Pediatric CT : Effects on Radiation Dose and Image Quality Using Experimental and Clinical Data. *AJR Am J Roentgenol*, 180, 407-411, 2003
3. Leslie C. Chatterson, MD et al.: Lead versus Bismuth-antimony Shield for Fetal Dose Reduction at Different Gestational Ages at CT Pulmonary Angiography. *Radiology*, 260(2), 560-7, 2011
4. Fergus V.Coakley et al : CT Radiation Dose : What Can You Do Right Now in Your Practice, *AJR Am J Roentgenol*, 196, 619-625, 2011
5. Sangroh Kim et al.: Bismuth Shielding in CT: support for use in children. *Pediatric Radiology*, 40(11), 1739-1743, 2010
6. Kosuke Matsubara et al.: Effective dose evaluation of multidetector CT examinations : influence of the ICRP recommendation in 2007. *Eur Radiol*, 19(12), 2855-2861, 2009
7. Kenneth D.Hopper, MD et al.: The Breast : In-plane X-ray Protection during Diagnostic Thoracic CT-Shielding with Bismuth Radioprotective Garments. *Radiology*, 205(3), 853-258, 1997
8. RNSA News. Available at : <http://www.rsna.org/NewsDetail.aspx?id=1678>. Accessed Sept. 2012
9. Fred A. Mettler, Jr, MD, MPH et al.: Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog. *Radiology*, 248(1), 2008
10. Karen E. Thomas, Bo Wang.: Age-specific effective doses for pediatric MSCT examinations at a large children's hospital using DLP conversion coefficients: a simple estimation method, *Pediatr Radiol*, 38, 645-656, 2008
11. ICRP 106. Radiation Dose to Patients from Radio pharmaceuticals, ICRP, 2007
12. ICRP 80. Radiation Dose to Patients from Radio pharmaceuticals, ICRP, 1997
13. ICRP 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP, 2007

•Abstract

Evaluation of the Usefulness of Bismuth Shields in PET/CT Examination

Hoon-Hee Park^{1,5)} · Juyoung Lee²⁾ · Ji-Hyeon Kim³⁾ · Sik Nam-Kung⁴⁾ · Kwang-Yeul Lyu¹⁾ · Tae Soo Lee⁵⁾

¹⁾*Department of Radiological Technology, Shingu College*

²⁾*Graduate School of Public Health, Yonsei University*

³⁾*Department of Nuclear Medicine, Seoul Medical Center*

⁴⁾*Department of Nuclear Medicine, Konkuk University Medical Center*

⁵⁾*Department of Biomedical Engineering, Chungbuk National University*

Recently with CT developed, various studies for reduction of exposure dose is underway. Study of bismuth shields in these studies is actively underway, and has already been applied in the clinical. However, the application of the PET/CT examination was not activated. Therefore, through this study, depending on the application of bismuth shields in the PET/CT examination, we identify the quality of the image and the impact on the Standard Uptake Value (SUV).

In this study, to apply to the shielding of the breast, by using the bismuth shields that contains 0.06 mm Pb ingredients, was applied to the PET/CT GEMINI TF 64 (Philips Healthcare, Cleveland, USA). Phantom experiments using the NEMA IEC Body Phantom, images were acquired according to the presence or absence of bismuth shields apply. Also, When applying, images were obtained by varying the spacing 0, 1, 2 cm each image set to the interest range in the depth of the phantom by using EBW-NM ver.1.0.

When image of the PET Emission acquires, the SUV was in increased depending on the use of bismuth shields, difference in the depth to the surface from deep in the phantom increasingly SUV increased ($P < 0.005$). Also, when using shields, as the more gap decreased, SUV is more increased ($P < 0.005$).

Through this study, PET/CT examination by using of bismuth shields which is used as purpose of reduction dose. When using shields, the difference of SUV resulting from the application of bismuth shields exist and that difference when gap is decrease and surface is wider. Therefore, setting spacing of shield should be considered, if considering the reduction of the variation of SUV and image quality, disease of deep organs should be a priority rather than superficial organ disease. Use of bismuth shielding factor considering the standard clinical examination, decrease unnecessary exposure can be expected to be considered.

Key Words: Bismuth Shields, PET/CT, Standard Uptake Value (SUV)