

재발한 악성 갈색세포종 환자에서 ^{131}I -Metaiodobenzylguanidine (^{131}I -MIBG) 치료 후 ^{131}I -MIBG와 ^{18}F -FDG PET/CT 영상의 차이점

충남대학병원 핵의학과
김근호 · 김성민 · 서영덕

A Discrepancy between ^{131}I -Metaiodobenzylguanidine (^{131}I -MIBG) Scintigraphy and ^{18}F -FDG PET/CT after ^{131}I -MIBG Therapy in a Patient with Recurred Malignant Pheochromocytoma

Kun-Ho Kim, M.D., Seong-Min Kim, M.D., Ph.D., and Young-Duk Seo, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Chungnam National University Hospital, Daejeon, Korea.

A 59-year-old woman who was diagnosed with malignant pheochromocytoma underwent ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (^{18}F -FDG PET/CT). She had undergone left adrenalectomy for pheochromocytoma 4 years previously. Recent multiple metastatic pulmonary nodules were noted on the chest X-ray. After treatment with ^{131}I -metaiodobenzylguanidine (^{131}I -MIBG) with 7.4 GBq, post-therapy ^{131}I -MIBG scintigraphy depicted multiple distant metastases including lung, liver, abdominal para-aortic and mesenteric lymph nodes. ^{18}F -FDG PET/CT also depicted multiple metastases in lung, liver, and abdominal para-aortic lymph nodes, but some lesions were not shown. In this case, ^{131}I -MIBG scintigraphy found additional lesions in metastatic malignant pheochromocytoma. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(6):582-587)

Key Words: Malignant pheochromocytoma, ^{131}I -metaiodobenzylguanidine (^{131}I -MIBG), ^{18}F -FDG PET/CT

서 론

갈색세포종(pheochromocytoma)은 카테콜아민(catechol-amine)을 합성하는 크롬친화성(chromaffin) 세포에서 발생하는 신생물로 대부분은 양성이나 임상 양상에 따라 악성으로 구분된다.¹⁾ 갈색세포종은 수술적 제거만이 근치적 치료로 알려져 있으며²⁾ 수술로 제거하기 위해서 정확한 위치를 파악하는 것이 매우 중요하다. 특히 크기가 작은 부신외갈색세포종(extra-adrenal pheochromocytoma)의 경우 발견이 어렵고 조직검사를 통해 양성과 악성 여부를 감별하기 어려운 점이 있다. 현재 갈색세포종의 진단에 이용되

는 영상검사는 복부 CT, MRI, ^{131}I -Metaiodobenzylguanidine (^{131}I -MIBG) 스캔, ^{18}F -Fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (^{18}F -FDG PET/CT) 등이 알려져 있다.

MIBG는 노르에피네프린(norepinephrine) 유사체로서 ^{131}I -MIBG를 이용한 치료법은 재발한 악성 갈색세포종에서 수술 외의 치료법으로 고려될 수 있다.³⁾ 또한 ^{131}I -/ ^{123}I -MIBG 스캔을 이용하여 해부학적 영상에서 구별하기 힘든 부신외갈색세포종이나 갈색세포종의 전이 병소 진단에 유용하게 이용될 수 있다.^{4,5)}

^{18}F -FDG PET/CT는 최근 각광받고 있는 기능적 영상 검사 장비로서 대부분의 고형암의 진단에 있어 우수한 성적을 보여 널리 사용되고 있으며, 신경세포종에 비특이적인 섭취를 보이거나 악성 갈색세포종의 진단에서도 높은 진단율을 보고하였다.^{6,7)} 그 외에도 갈색세포종의 진단에 ^{18}F -fluorodihydroxyphenylalanine (^{18}F -DOPA) 또는 ^{18}F -fluorodopamine (^{18}F -dopamine) PET/CT가 높은 민감도와 특이도를 보고하였다.^{7,8)}

- Received: 2009. 8. 3. • Revised: 2009. 10. 5.
- Accepted: 2009. 11. 27.
- Address for reprints: Seong-Min Kim, M.D., Ph.D., Department of Nuclear Medicine, Chungnam National University Hospital 33 Munhwaro, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea.
Tel: 82-42-280-8168, Fax: 82-42-280-8162
E-mail: sminee@cnuh.co.kr

Table 1. Number of Lesion in ¹³¹I-MIBG Scintigraphy and ¹⁸F-FDG PET/CT

	1 st therapy			2 nd therapy		
	¹³¹ I-MIBG		FDG PET/CT	¹³¹ I-MIBG		FDG PET/CT
	Pre-	Post-		Pre-	Post-	
Lung ^{o)}						
Left	1	1	about 30	1	1	about 30
Right	4	4	about 40	3	4	about 40
Liver	3	3	2	2	2	0
Lymph nodes						
Mediastinal	-	-	2	-	-	2
Paraortic	3	3	3	3	3	3
Mesenteric	1	1	0	0	1	0

^{o)}¹³¹I-MIBG scintigraphy shows diffusely increased uptake in both lungs. Number of lung lesion in ¹³¹I-MIBG scintigraphy indicates only focal uptake.

현재 국내에서 갈색세포종의 진단에 사용 가능한 핵의학 적 영상 방법으로는 ¹⁸F-FDG PET/CT와 ¹³¹I-/¹²³I-MIBG 스캔이 있으며, ¹³¹I-/¹²³I-MIBG 스캔에 비해 ¹⁸F-FDG PET/CT가 더 좋은 결과를 보인다는 보고들이 주를 이루고 있다.⁹⁻¹¹⁾ 그러나 이 증례에서는 기존의 악성갈색세포종에 대한 영상검사 결과들과 달리 ¹⁸F-FDG PET/CT와 치료 후 ¹³¹I-MIBG 영상들 간 서로 차이를 보였던 1예가 있어 보고하는 바이다.

증 례

59세 여자가 4개월간 6 kg의 체중 감소와 혈당 조절이 잘 되지 않아 내원하였다. 내원 당시의 당화혈색소 (HbA1c, 참고치: 4~6%)는 11.7%, 혈당은 427.4 mg/dL (참고치: 70~115 mg/dL)였고, 과거력으로 4년전 좌측 부신에 종양이 발견되어 복강경을 이용한 좌측 부신절제술을 시행 후 갈색세포종으로 진단받았었다. 환자의 가족력은 특이 병력이 없었으며 당뇨와 고혈압에 대해 경구 혈당강하제와 항고혈압제로 조절 중이었다. 단순 흉부 촬영을 시행하였고 양측 폐야에 다발성 결절이 발견되었으며, 검사실 검사에서 24시간 요중 노르에피네프린 912.9 µg (참고치: 15~80 µg)과 24시간 요중 메타네프린 1.5 mg (metanephrine, 참고치: 0~1.3 mg), 24시간 요중 바닐릴만델릭산 38.2 mg (vanillylmandelic acid, 참고치: 0~8 mg)으로 높게 측정되어 악성 갈색세포종의 재발로 판단하였다. 병변의 평가를 위하여 흉부 CT와 ¹⁸F-FDG PET/CT를 시행하였고 두 검사 모두에서 양측 폐와 간에 다발성 결절이 발견되었다. ¹⁸F-FDG PET/CT에서 좌상엽에 4.0×3.2 cm 크기의 1개의 종괴(SUVmax: 8.1)와 9개의 1cm 이상의 폐결절 등 약 70여개의 폐결절이 발견되었다. 그 외에 ¹⁸F-FDG PET/CT에서 간내 결절 2개, 종격동 내

의 림프절 2개와 복부의 대동맥 주위 림프절 3개에 당대사가 증가된 병변이 있어 전이 병소로 의심하였다. 진단적 ¹³¹I-MIBG 스캔(370 MBq)과 혈액검사, 소변검사를 시행하였고 재발 병변에 대한 ¹³¹I-MIBG 치료를 계획하였다. 일반적으로 성인의 진단적 용량(37-80 MBq)에 비해 많은 용량(370 MBq)을 사용하였으며, 이는 extensive metastases가 의심되어 small lesion을 평가를 위해 좀 더 나은 질의 영상을 얻기 위함이었다. 영상은 고에너지 범용 조준기를 장착한 Maxxus 이중 헤드 감마 카메라(General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)를 이용하여 미터당 5분씩 전신 영상을 얻었다.

갑상선 섭취를 막기 위해 루골 용액을 치료 이틀 전부터 치료 후 2주까지 3방울씩 아침, 저녁으로 복용시켰으며 치료 용량으로 7.4 GBq의 ¹³¹I-MIBG 를 500 cc 생리식염수와 혼합하여 약 2시간 동안 정맥을 통하여 주사하였으며 3일간 격리 입원치료를 시행하였다. 1차 ¹³¹I-MIBG 치료 후 5일 뒤에 치료 후 ¹³¹I-MIBG 스캔을 촬영하였는데 치료 전과 치료 후의 ¹³¹I-MIBG 스캔에서 보이는 병소는 차이가 없었고 두 검사 모두에서 좌측 폐야에 1개, 우측 폐야 및 종격동 주위에 4개, 간 3개, 복부의 중앙선을 따라 3개와 우측 복부에 1개 등 다발성 국소 섭취가 있었으며, 양측 폐야에 미만성 섭취 증가를 보였다. ¹⁸F-FDG PET/CT와 비교 판독한 결과 복부의 중앙선에 관찰되는 섭취는 대동맥 주위 림프절이었으며 우측 복부의 섭취는 장간막 주위 림프절이었다. ¹⁸F-FDG PET/CT에서는 양측 폐와 간, 종격동, 대동맥 주위 림프절에 당대사 증가를 보였으나, 작은 크기의 폐와 간의 병변들은 당대사의 증가는 뚜렷하지 않고 CT에서만 병변의 감별이 가능하였으며, 간 주변에 관찰되는 3군데의 섭취 증가는 폐 우하엽과 겹치는 부분이어서 ¹³¹I-MIBG 스캔으로 구별하는 것이 어려웠으나 복부 CT와 비교하여 간내 병소로 판단하였다. 우하복부의 1.3×

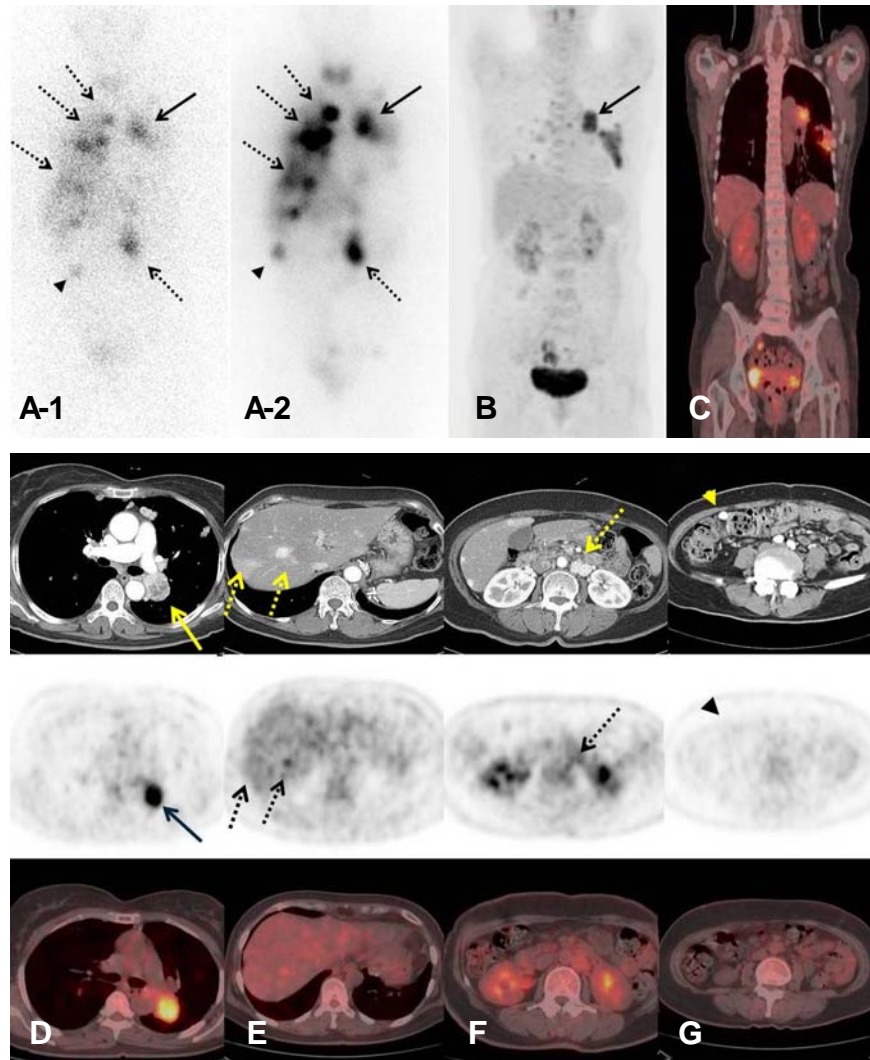


Figure 1. A 59-year-old woman who had undergone left adrenalectomy for pheochromocytoma 4 years ago was received therapy of ^{131}I -MIBG at a dose of 7.4 GBq. Pre-therapy (A1) and post-therapy (A2) ^{131}I -MIBG scintigraphy shows multiple hot uptakes in both lungs, liver, abdomen and lymph nodes. The maximum-intensity-projection (MIP) image and the coronal image of ^{18}F -FDG PET/CT show hypermetabolic lesions in the anterior mediastinum, both lungs, but do not in the liver (B and C). ^{18}F -FDG PET/CT shows increased uptake in left upper lung (D). But, ^{18}F -FDG PET/CT shows mildly increased glucose metabolism in hepatic nodules & paraaortic lymph nodes (E and F). And there is only enhancing mesenteric lymph node with no FDG avidity (G). (arrow: well correlated lesion between ^{131}I -MIBG and PET/CT, dotted arrow: hot uptake in ^{131}I -MIBG scintigraphy, but only mild uptake in PET/CT, arrow head: increased uptake in ^{131}I -MIBG scintigraphy, but no uptake in PET/CT)

1.0 cm 크기의 장간막 주위 림프절(SUVmax : 0.9) 또한 관찰되지 않았다(Fig. 1).

3개월 후에 ^{131}I -MIBG 스캔(370 MBq)과 ^{18}F -FDG PET/CT에 대한 추적 검사를 시행하였다. ^{18}F -FDG PET/CT는 좌측 폐에서 관찰되던 종괴의 SUVmax가 8.1에서 6.3으로 감소하였고 간내 병변 2개는 더 이상 당대사의 증가를 보이지 않았으며, 그 외 관찰되던 여러 개의 양

측 폐결절, 종격동 내의 림프절 2개와 복부의 대동맥 주위 림프절 3개 병변은 당대사와 크기가 큰 차이를 보이지 않았다(Table 1). 2차 ^{131}I -MIBG 치료(7.4 GBq)를 시행하였고 치료 후 ^{131}I -MIBG 스캔을 다시 시행하였다(Fig. 3). 치료 후 ^{131}I -MIBG 스캔은 좌측 폐야 1개, 우측 폐야 및 종격동 주위에 3개, 간 2개 그리고 대동맥 주위 림프절 3개 등에 국소 섭취를 보였고, 우측 폐야와 종격동 주위의 섭취 증가

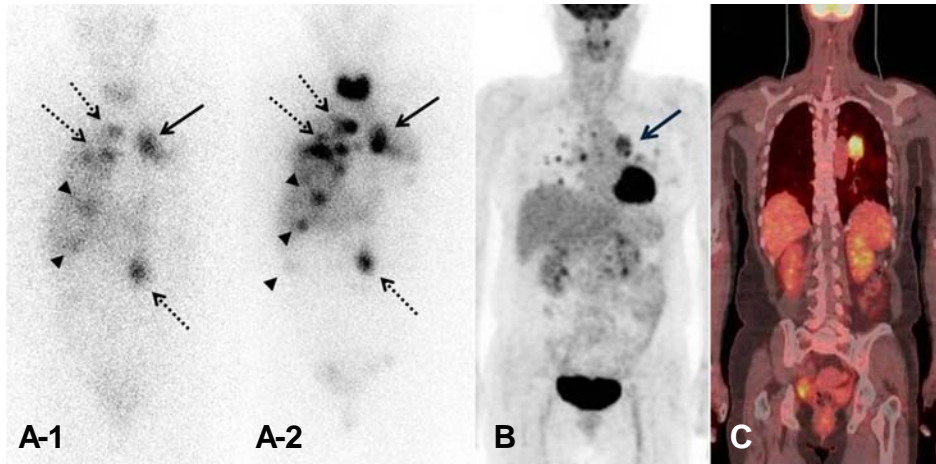


Figure 2. After 3 months after first ^{131}I -MIBG therapy at a dose of 7.4 GBq, pre-therapy ^{131}I -MIBG scintigraphy was done. Pre-therapy ^{131}I -MIBG scintigraphy shows uptake in multiple pulmonary nodules in both lungs, central portion of the left upper lung mass, hepatic nodules, paraaortic lymph nodes (A1). Secondary post-therapy ^{131}I -MIBG scintigraphy shows uptake in multiple pulmonary nodules in both lungs, hepatic nodules, paraaortic lymph nodes and mesenteric lymph node (A2). ^{18}F -FDG PET/CT shows decreased SUVmax from 8.1 to 6.3 in the left upper lung and no significant hypermetabolic lesion in the liver. But, other lesions are not changed compared with previous ^{18}F -FDG PET/CT before therapy (B and C). (arrow; well correlated lesion between ^{131}I -MIBG and PET/CT, dotted arrow: hot uptake in ^{131}I -MIBG scintigraphy, but only mild uptake in PET/CT, arrow head: increased uptake in ^{131}I -MIBG scintigraphy, but no uptake in PET/CT)

가 더 뚜렷하게 관찰되었으며 장간막 주위 림프절에 섭취 증가가 관찰되었다. 이전에 간의 우엽에 관찰되던 섭취 증가는 치료 후 ^{131}I -MIBG 스캔에서 더 이상 관찰되지 않았으며, ^{18}F -FDG PET/CT에서도 관찰되지 않았다(Fig. 2). 치료 후 24시간 요중 메타네프린(metanephrine, 참고치: 0~1.3 mg)은 1.5 mg에서 5.8 mg으로 증가하였으나, 24시간 요중 노르에피네프린(참고치: 15~80 μg)은 912.9 μg 에서 572.5 μg 으로 감소하였고 24시간 요중 바닐릴만델릭산(참고치: 0~8 mg)는 38.2 mg에서 17.7 mg으로 감소하였다.

고 찰

이 증례에서 1차 치료 전후의 ^{131}I -MIBG 스캔과 치료 전 ^{18}F -FDG PET/CT를 비교하였고, 또한 2차 치료 전후의 ^{131}I -MIBG 스캔과 ^{18}F -FDG PET/CT를 비교하였다. ^{131}I -MIBG 스캔은 ^{18}F -FDG PET/CT에서 찾지 못했던 장간막 주위 림프절을 찾아냈다. 그러나 종격동 내의 림프절은 폐의 병변과 구별이 어려웠으며 양측 폐야의 1 cm 미만의 폐결절은 미만성 섭취로만 관찰되었다. 치료 후에 ^{18}F -FDG PET/CT는 좌상엽 폐종괴에서 감소된 SUVmax를 보였으며 간내 병소 2곳의 당대사 증가가 더 이상 관찰되지 않았으나 다른 병변들은 여전히 관찰되었고, 2차 치료 후에 시행한 치료 전 ^{131}I -MIBG 스캔에서는 1차 치료

후 ^{131}I -MIBG 스캔에서 관찰되던 장간막 주위 림프절의 섭취 증가가 사라졌으나 간내 병소 2개가 관찰되었다. 2차 치료 후 ^{131}I -MIBG 스캔에서는 우측 폐야와 종격동 주위에 더 많은 수의 섭취 증가가 있었으며 간 섭취는 그대로 관찰되었고 장간막 주위 림프절의 섭취가 다시 관찰되었다.

Shulkin 등은 악성 갈색세포종 환자에서 ^{18}F -FDG PET/CT가 ^{131}I -MIBG 스캔에서 음성이었던 환자의 전신 병변 분포를 찾는데 유용하였다고 보고하였으며 ^{131}I -MIBG 스캔이 양성 부신갈색세포종에 비하여 악성 갈색세포종이나 부신의갈색세포종에서 민감도가 떨어지는 것으로 보고하였다.⁶⁾ 또한 Timmers 등은 미토콘드리아 효소인 숙신산 탈수효소 B (succinate dehydrogenase subunit B; SDSB) 변이의 전이성 갈색세포종에서 ^{18}F -FDG PET/CT가 ^{131}I -MIBG 스캔보다 높은 민감도를 보인다고 하였다.⁹⁾ 또한 Van der Harst 등⁴⁾은 ^{131}I -MIBG 스캔이 가족성 부신경절종, 악성 병변과 부신의 종양에서 민감도가 떨어진다고 보고하였고, Zelinka 등¹²⁾은 갈색세포종의 뼈전이에 대하여 ^{18}F -dopamine PET/CT, bone scintigraphy, CT/MRI, ^{18}F -FDG PET, ^{131}I -MIBG 스캔이 각각 90%, 82%, 78%, 76%, 71%의 민감도를 보고하였다. 또한 Fiebrich 등¹³⁾은 갈색세포종에서 ^{18}F -DOPA PET을 ^{131}I -MIBG 스캔과 비교하였고 민감도가 90% 대 65%로 ^{18}F -DOPA PET이 우수하였다. 최근 연구들의 보고에 의하면 ^{18}F -dopamine/

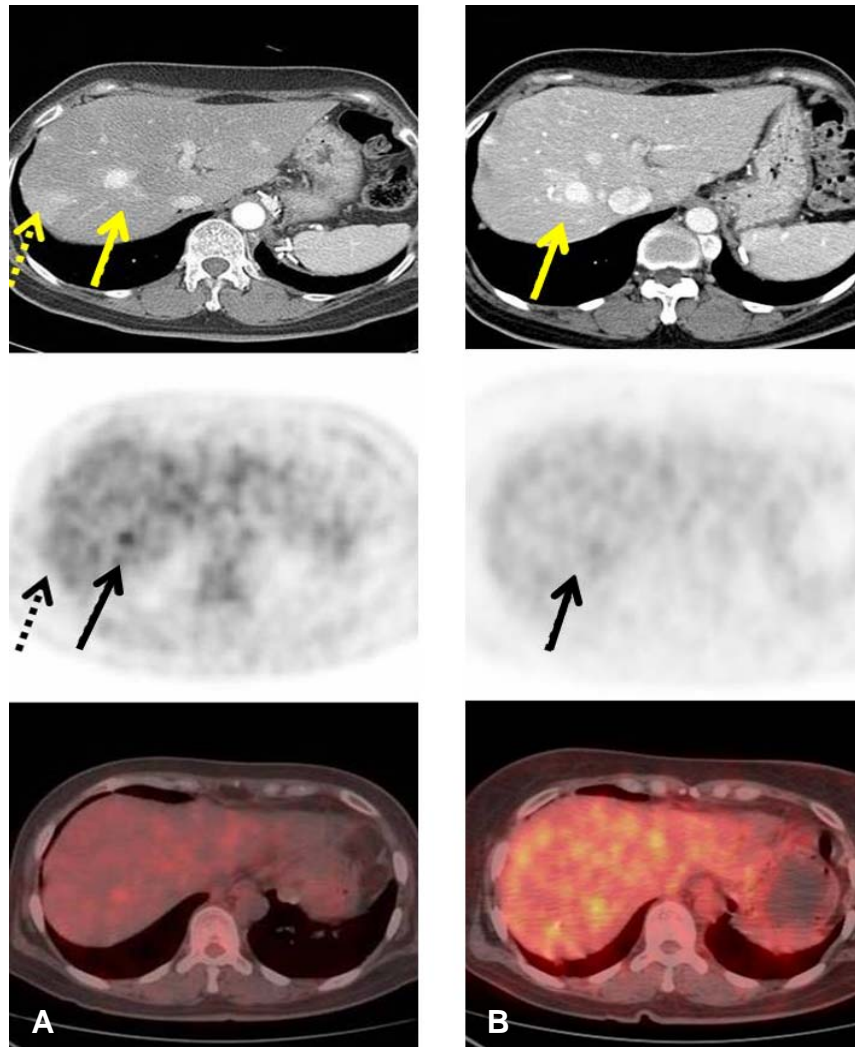


Figure 3. Pre-therapy ^{18}F -FDG PET/CT shows two enhancing lesions in transaxial view. It depicts mildly increased glucose metabolism in straight arrow, but no FDG avidity in dotted arrow (A). After ^{131}I -MIBG therapy, ^{18}F -FDG PET/CT shows only one remaining lesion in the same slice. It change from mildly increased glucose metabolism to no FDG avidity after ^{131}I -MIBG therapy (B).

DOPA PET이나 ^{18}F -FDG PET이 ^{131}I -MIBG 스캔과 비교하여 우수한 성적을 보였는데, 본 증례에서는 원격 전이의 평가에 있어 ^{131}I -MIBG 스캔과 ^{18}F -FDG PET/CT가 다른 결과를 보였다. 이는 ^{131}I -MIBG의 경우 교감 신경의 분포나 분화도에 따라 다양한 섭취를 보이는 내분비 종양 특이 추적자이고 ^{18}F -FDG는 세포 내의 당대사 정도에 따라 섭취에 차이를 보이는 비특이적 종양 추적자로 이러한 두 검사간의 기전 차이로 인해 ^{131}I -MIBG 스캔에서 추가로 병변을 발견할 수 있었던 것으로 판단된다. ^{131}I -MIBG 스캔에서 잘 관찰되었던 장간막 주위 림프절과 간내 전이 병소는 분화가 잘 되어있어 노르에피네프린 전달체의 기능이 비교적 잘 유지되고 있는 종양일 것으로 예측해 볼 수 있다.

^{131}I -MIBG 스캔의 경우 종양의 노르에피네프린 전달체의 표현이 감소하였거나 소포성 단가아민 전달체의 표현이 감소한 경우, 암의 미분화(dedifferentiation)가 발생한 경우 또는 병변이 작은 경우에 음성을 보일 수 있는 것으로 알려져 있으며¹⁴⁾ 일부 약물은 검사에 영향을 주기도 한다.¹⁵⁾ 또한 평면 영상이어서 정확한 위치 파악이 어렵고, 위치가 겹치는 병소에 대해 평가가 어렵다는 한계점이 있으며, 이번 증례에서도 종격동 내의 병변의 경우 폐의 병변과 구별이 어려웠다.

우리 나라에서는 정 등¹⁶⁾이 발표한 ^{131}I -MIBG로 재발 갑상선암을 진단한 증례 보고와 윤 등¹⁷⁾이 악성 갈색세포종에서 ^{131}I -MIBG 치료에 대한 보고가 있었으나 ^{18}F -FDG

PET/CT와 ¹³¹I-MIBG 스캔을 치료 전후로 비교한 증례 보고는 없었다. 또한, 본 증례는 악성 갈색세포종의 전이를 보이는 한 환자에서 ¹⁸F-FDG PET/CT와 치료전·후 ¹³¹I-MIBG 스캔 영상을 비교한 결과 흉부 병소의 경우 ¹⁸F-FDG PET/CT에서는 더 많은 병소를 정확히 찾을 수 있었으나 복부의 병소 경우에는 치료 후 ¹³¹I-MIBG 스캔에서 더 많은 병소가 발견되었던 경우로 두 영상 검사 간 뚜렷한 차이를 보이는 경우여서 의미가 있다고 생각한다.

악성 갈색세포종의 평가에서 기존의 ¹³¹I-MIBG 스캔 대신 ¹⁸F-FDG PET/CT가 앞으로 널리 사용될 것으로 예상되지만, 본 증례에서처럼 다른 소견을 보일 수 있으므로 전이 병소 평가에 있어 ¹⁸F-FDG PET/CT와 치료 후 ¹³¹I-MIBG 스캔을 비교해야 하겠으며, 앞으로 이에 관한 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

References

- Lenders JW, Eisenhofer G, Mannelli M, Pacak K. Pheochromocytoma. *Lancet* 2005;366:665-75.
- Samaan NA, Hickey RC, Shutts PE. Diagnosis, localization and management of pheochromocytoma. Pitfalls and follow-up in 41 patients. *Cancer* 1988;62:2451-60.
- Sisson JC, Shapiro B, Beierwaltes WH, Glowniak JV, Nakajo M, Mangner TJ, et al. Radiopharmaceutical treatment of malignant pheochromocytoma. *J Nucl Med* 1984;25:197-206.
- Van der Harst E, de Herder WW, Bruining HA, Bonjer HJ, de Krijger RR, Lamberts SW, et al. [¹²³I]metaiodobenzylguanidine and [¹¹¹In]octreotide uptake in benign and malignant pheochromocytomas. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:685-93.
- Shulkin BL, Shapiro B, Francis IR, Dorr R, Shen SW, Sisson JC. Primary extra-adrenal pheochromocytoma: positive I-123 MIBG imaging with negative I-131 MIBG imaging. *Clin Nucl Med* 1986;11:851-4.
- Shulkin BL, Thompson NW, Shapiro B, Francis IR, Sisson JC. Pheochromocytomas: imaging with 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose PET. *Radiology* 1999;212:35-41.
- Mamede M, Carrasquillo JA, Chen CC, Del Corral P, Whatley M, Ilias I, et al. Discordant localization of 2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glucose in 6-[¹⁸F]-fluorodopamine- and [¹²³I]-metaiodobenzylguanidine- negative metastatic pheochromocytoma sites. *Nucl Med Commun* 2006;27:31-6.
- Jager PL, Chirakal R, Marriott CJ, Brouwers AH, Koopmans KP, Gulenchyn KY. 6-L-¹⁸F-fluorodihydroxyphenylalanine PET in neuroendocrine tumors: basic aspects and emerging clinical applications. *J Nucl Med* 2008;49:573-86.
- Timmers HJ, Kozupa A, Chen CC, Carrasquillo JA, Ling A, Eisenhofer G, et al. Superiority of fluorodeoxyglucose positron emission tomography to other functional imaging techniques in the evaluation of metastatic SDHB-associated pheochromocytoma and paraganglioma. *J Clin Oncol* 2007;25:2262-9.
- Sood R, Story A, Rossleigh MA, Haindl W, Guille J, Pillai D. Superiority of F-18 FDG PET imaging for detection of a pheochromocytoma. *Clin Nucl Med* 2006;31:13-5.
- Ezuddin S, Fragkaki C. MIBG and FDG PET findings in a patient with malignant pheochromocytoma: a significant discrepancy. *Clin Nucl Med* 2005;30:579-81.
- Zelinka T, Timmers HJ, Kozupa A, Chen CC, Carrasquillo JA, Reynolds JC, et al. Role of positron emission tomography and bone scintigraphy in the evaluation of bone involvement in metastatic pheochromocytoma and paraganglioma: specific implications for succinate dehydrogenase enzyme subunit B gene mutations. *Endocr Relat Cancer* 2008;15:311-23.
- Friebrich HB, Brouwers AH, Kerstens MN, Piji ME, Kema IP, de Jong JR, et al. 6-[F-18]Fluoro-L-dihydroxyphenylalanine positron emission tomography is superior to conventional imaging with (123)I-metaiodobenzylguanidine scintigraphy, computer tomography, and magnetic resonance imaging in localizing tumors causing catecholamine excess. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94:3922-30.
- Eisenhofer G. The role of neuronal and extraneuronal plasma membrane transporters in the inactivation of peripheral catecholamines. *Pharmacol Ther* 2001;91:35-62.
- Solanki KK, Bomanji J, Moyes J, Mather SJ, Trainer PJ, Britton KE. A pharmacological guide to medicines which interfere with the biodistribution of radiolabelled meta-iodobenzylguanidine (MIBG). *Nucl Med Commun* 1992;13:513-21.
- Jung DS, Lee GL, Han CW, Cho YS, Park WS, Jung YH, et al. A case of recurrent pheochromocytoma diagnosed by ¹³¹I-MIBG scintigraphy. *Korean J Nucl Med* 1994;28:402-6.
- Yoon JK, Ryoo BY, Lee CH, Jeong SH, Cheon YK, Choi CW, et al. ¹³¹I-MIBG therapy in malignant pheochromocytoma and medullary thyroid carcinoma. *Korean J Nucl Med* 1995;29:319-27.