

## 《原 著》

## Transmission Scan を省略した全身 PET によるがんの検出

安田 聖栄\*    井出 満\*    高木 繁治\*    正津 晃\*  
 三富 利夫\*\*    小林 真\*\*\*    鈴木 豊\*\*\*

**要旨** 全身 PET ががんの診断で用いられるようになった。PET では吸収補正のための transmission scan が行われるが、全身 PET では時間がかかるという欠点がある。transmission scan を行い全身 PET を施行した悪性腫瘍 32 症例で、吸収補正をした画像 (AC+画像) で陽性の 106 病巣が、吸収補正をしない画像 (AC-画像) でも検出できるか調べた。大きな (11 cm) 乳癌の AC-画像では、<sup>18</sup>F-FDG 高集積による artifact のため、傍胸骨リンパ節転移が検出できなかった。再発大腸癌の AC-画像では、傍大動脈リンパ節転移は減衰の影響を最大に受ける体深部の病巣であったため、検出困難であった。しかし 106 病巣中 104 病巣 (98.1%) は AC-画像でも検出可能であった。transmission scan を省略した全身 PET においても、がんの検出はほぼ満足できると考えられた。

(核医学 33: 367-373, 1996)

## I. はじめに

PET が neurology, cardiology の領域から oncology の領域でも用いられるようになり、がん検出での sensitivity の高いことが分かってきた。肺癌で 95%<sup>1)</sup>、乳癌で 96%<sup>2)</sup>、膵癌で 92%<sup>3)</sup>、耳下腺悪性腫瘍で 100%<sup>4)</sup> と良い結果が報告されている。従来の PET 装置では、体軸方向の視野範囲内の特定臓器の検査に限られていたのが、近年の全身 PET 装置では広い範囲の検査が可能となった。全身 PET は転移巣の検出、staging など<sup>5,6)</sup>、oncology 領域で適用が増大すると考えられる。

PET の特徴の一つは定量性に優れることで、

PET 検査では transmission scan などによる吸収補正が行われる<sup>7)</sup>。しかし全身 PET 検査で従来の transmission scan を行う場合、位置ずれ、検査所要時間の延長、検査件数の制限などの問題が生じる。このため全身 PET 検査では transmission scan を省略した報告が見られる<sup>8)</sup>。しかし吸収補正をしない画像を用いた場合、前述したがん診断の高い sensitivity が損なわれないか、詳細に検討した報告はない。そこで今回、吸収補正をした画像で検出される病巣が、吸収補正をしない画像でも検出可能か、実際の症例の画像で調べた。

## II. 対象と方法

症例は悪性腫瘍 32 例で、初回診断例 25 例と再発例 7 例である。男性 15 例、女性 17 例で、年齢は 29~79 歳 (平均 57 歳) であった。このうちの 2 例は乳癌と甲状腺癌、大腸癌肝転移再発と舌癌の重複癌症例で、原発巣の種類別では 34 例となった (Table 1)。32 症例中 20 例は手術、病理解剖で組織診断が得られたが、非手術の 12 例は他の画像診断 (内視鏡、超音波、CT、骨スキャ

\* 山中湖クリニック画像診断センター

\*\* 東海大学医学部附属病院第二外科

\*\*\* 同 核医学科

受付: 7 年 11 月 15 日

最終稿受付: 8 年 1 月 18 日

別刷請求先: 山梨県南都留郡山中湖村

字柳原 562-12 (☎ 401-05)

山中湖クリニック画像診断センター

安田 聖栄

ン) および臨床経過をもとに最終診断がなされた。

小型サイクロトロン(住友重機 CYPRIS の HM-18 型), FDG 合成装置 (アニオン法) を用い 2-deoxy-2-[ $^{18}\text{F}$ ]fluoro-D-glucose (FDG) を合成した。PET 装置は ECAT EXACT47 (Siemens/CTI, Knoxville, TN) を使用した。この装置は体軸方向視野が 16.2 cm, 分解能 (FWHM) が横断面 6 mm, 体

軸方向 5.4 mm, 感度 (kcps/ $\mu\text{Ci/ml}$ ) が 220 kcps である。

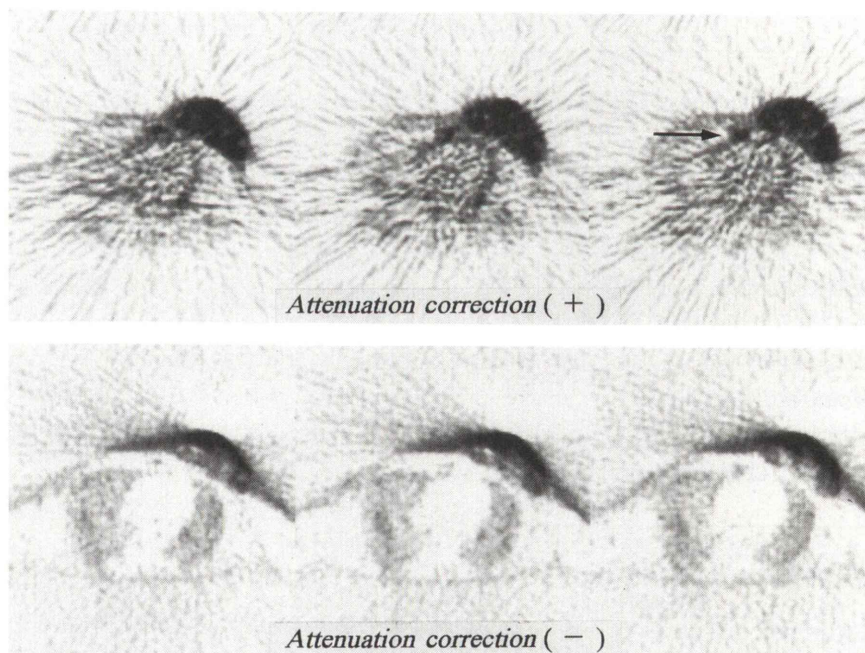
検査前は 4 時間以上絶食とした。検査前の血糖値は糖尿病の 1 例で 165 mg/dl と高値であった

**Table 1** Primary tumors of 32 patients who underwent whole-body FDG PET study

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| Breast cancer                  | 13                 |
| Esophageal cancer              | 7                  |
| Colorectal cancer              | 5                  |
| Thyroid cancer                 | 3                  |
| Lung cancer                    | 2                  |
| Gastric cancer                 | 1                  |
| Malignant tumor of the omentum | 1                  |
| Leiomyosarcoma of the pancreas | 1                  |
| Tongue cancer                  | 1                  |
| Total                          | 34 primary lesions |

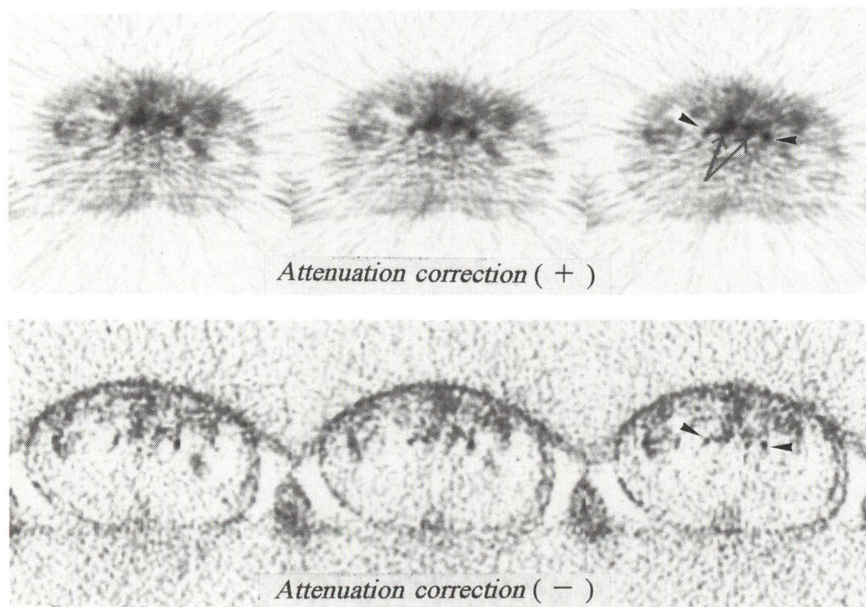
**Table 2** The sites of tumors evaluated with and without attenuation correction

|            |             |
|------------|-------------|
| Lymph node | 46          |
| Lung       | 25          |
| Breast     | 11          |
| Esophagus  | 7           |
| Liver      | 4           |
| Bone       | 4           |
| Thyroid    | 3           |
| Colon      | 2           |
| Stomach    | 1           |
| Omentum    | 1           |
| Pancreas   | 1           |
| Tongue     | 1           |
| Total      | 106 lesions |



**Fig. 1** Three consecutive transaxial FDG PET images of a patient with a large left breast cancer (11 cm in diameter). Increased FDG uptake at a parasternal lymph node was visualized on the corrected images (arrow). However, the metastatic lesion was not well visualized on the uncorrected images.





**Fig. 2** Three consecutive transaxial images of a patient with recurrent colonic cancer. On the corrected images, increased FDG uptake at paraaortic nodes was obvious (arrow). On the uncorrected images, the lesions were not well visualized because the lesions located deep in the body where attenuation effects were maximum. The arrow heads indicate the ureters.

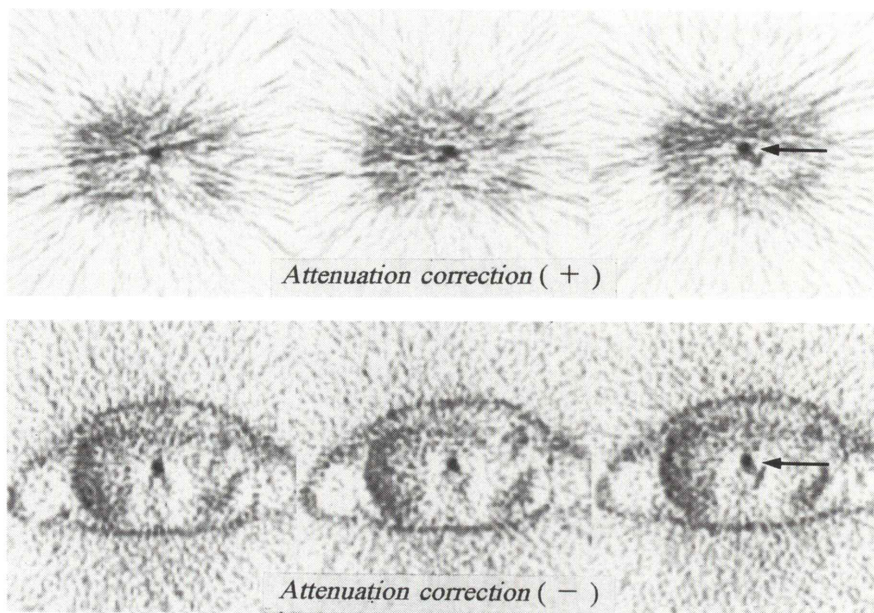
が、他の 31 例では  $98.3 \pm 10.6$  mg/dl とほぼ正常であった。まず吸収補正のための transmission scan を 1 bed position (bp) あたり 3 分間施行した。FDG を 260~370 MBq 静注し、45~60 分間後に emission scan (7 分間/1 bp) を 4~5 bp 施行した。そして画像再構成時に、吸収補正をした横断断層画像(以下 AC+画像)と、吸収補正をしない横断断層画像(以下 AC-画像)の両者を昇華型プリンターで白黒に印刷した。肉眼判定の基準は、画像濃度が周囲正常組織と明瞭に区別できる濃さの場合を異常集積ありとした。AC+画像で true positive が 106 病巣であった。病巣の種類は転移リンパ節が 46 病巣、肺癌(原発性と転移性を含む)、乳癌の原発巣など計 106 病巣で (Table 2)、病巣のサイズは 1 cm~19 cm であった。これら AC+画像で陽性の 106 病巣について、AC-画像でも異常集積が確認できるか、前述の肉眼判定基準に従って調べた。あらかじめ症例についての情報を

得ている 2 名が、両者の写真をならべ同時に読影し、1 例ずつ合議の上で判定した。

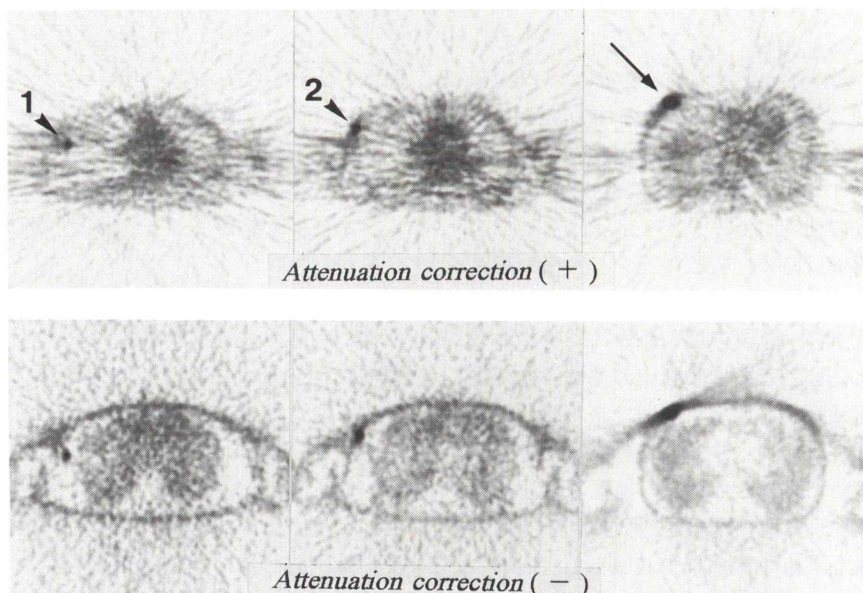
当施設で合成した FDG を用いての臨床検査は、山中湖クリニック医の倫理委員会の承認を得て行った。また被験者の informed consent も得た。

### III. 結 果

106 病巣中 104 病巣 (98.1%) は AC-画像でも異常集積が認められた。AC-画像で検出が困難であった 2 病巣は、11 cm 大の左乳癌症例の傍胸骨リンパ節転移巣と、再発大腸癌症例の傍大動脈リンパ節転移巣であった。前者は巨大乳癌への FDG 集積による artifact のため、転移リンパ節の検出は困難であった (Fig. 1)。後者は減衰の影響を最大に受ける体深部の病巣で、AC-画像では腸管集積像と区別がつかなかった (Fig. 2)。しかし食道癌の腹腔動脈リンパ節転移などは、体深部の病巣であったが明瞭に識別できた (Fig. 3)。乳



**Fig. 3** Three consecutive transaxial images from a patient with advanced esophageal cancer with a celiac node metastasis. The metastatic celiac node was well visualized (arrow). The lesion-to-background contrast was high on both images.



**Fig. 4** Three selected transaxial images from a patient with right breast cancer with axillary nodal involvement. The primary (arrow) and two metastatic nodes (arrowheads) are well visualized on both images. On uncorrected images, activity appears to be most intense at the periphery, where attenuation is least.



癌など体表面の病巣は、AC+画像に特徴的な辺縁の強調に注意することで、識別は困難でなかった (Fig. 4).

#### IV. 考 察

全身 PET 検査で transmission scan を省略した場合、検査は簡便になり、PET 装置も効率よく使用できるため、臨床検査としての実用性が増す。実際、transmission scan を省略して行う報告が見られる。しかし一方では乳癌2症例の腋窩リンパ節の評価で、吸収補正をしない場合の画質は診断に有用でなかったと言及した報告もある<sup>9)</sup>。吸収補正をしない画像でがん診断の sensitivity が低下しないか詳細に検討した報告がないため、今回の検討を行った。

今回の検討は 32 症例のすべての病巣で AC+画像と AC-画像を比較したものではなく、AC+画像で true positive の病巣を、AC-画像で検出できるか調べたものである。乳癌、甲状腺癌、大腸癌の小さな転移リンパ節では AC+画像で false negative の病巣があり、今回の検討対象から除外した。調べ得た限りで、AC+画像で false negative の病巣が、AC-画像で true positive となったことはなかった。AC+画像で true positive の病巣の 98.1% が AC-画像でも true positive となったことから、AC-画像でもがん診断の sensitivity はほぼ保たれると考えられた。

消滅  $\gamma$  線が同時計測される確率は、体表面から深部に向かうほど低下するため、吸収補正をしない画像では、辺縁が強調された画像になる。しかし病巣が深部にあっても、病巣と周辺正常組織は同程度に減衰の影響を受け、コントラストは保たれるため、食道癌の腹腔動脈リンパ節転移巣なども検出できたと考えられた。胸部食道癌の5つの原発病巣、乳癌の腰椎転移3病巣も、体深部の病巣ではあったが、AC+画像と同程度に描出された。しかし体格の大きい症例の深部病巣では、FDG の集積程度によっては、病巣部そのものまでも肉眼で識別困難になると考えられる。再発大腸癌の傍大動脈リンパ節転移の症例は、身長 156

cm、体重 71 kg で、肥満が認められた。傍大動脈リンパ節転移巣への FDG 集積は、減衰の影響を最大に受けるため、結局 AC-画像では周辺の腸管集積像と区別できなくなったと考えられた。

体幹を横断面で見ると、横軸は縦軸より長いいため、減衰の影響は横軸方向で強く出る。このため FDG 高集積の周辺には AC-画像に特徴的な artifact が生じ、周辺の小さな FDG 集積部位を検出できない可能性がある。このことが大きな乳癌症例で内胸動脈リンパ節転移巣が検出困難であった理由と考えられた。しかしこの2病巣以外は AC-画像でも検出できた。全身 PET 検査によるがんの検出では、transmission scan を省略することも実用性はあると考えられた。

吸収補正をしない画像では辺縁が強調され、特に体表面に輪郭が生じる。肺は濃く描出され、肝との境界が不明瞭になる。縦方向に比べ横方向の減衰が強いため、横断像で病巣はやや縦長に描出される。しかしこれらの特徴を念頭におけば、AC-画像の読影は AC+画像の読影に比べ特に困難ではない。

今回、病巣のサイズ、部位、FDG の集積程度別の検討は行わなかった。部分容積効果の影響を受ける 2 cm 以下の小病巣が体深部にある場合は、FDG の集積程度によっては、AC-画像を用いた場合は検出が困難になることも予想される。この点についてはさらに検討が必要と考えられた。

transmission scan の省略は、PET の定量性を犠牲にすることが最大の欠点である。FDG 投与後の emission scan の直前に transmission scan を行う postinjection transmission scan では、位置ずれによる吸収補正の誤差の影響を抑えられ、定量評価も可能となる<sup>10)</sup>。さらに simultaneous emission and transmission になると emission scan と同時に transmission scan を行う理想的な方法である<sup>11)</sup>。検査時間の短縮ができ、PET の定量性を保つこともできる。現在のところ、収集データの処理に時間がかかるという問題があるが、これが解決されて、実際の臨床に用いられるようになることが期待される。

## V. 結 語

AC+画像で陽性病巣の98.1%は、AC-画像でも検出可能であった。transmission scan を省略した全身 PET 検査は、定量評価ができなくなる欠点はあるが、がん診断の sensitivity はほぼ保たれるので、臨床検査としての実用性はあると考えられた。

## 文 献

- 1) Dewan NA, Gupta NC, Redepenning LS, Phalen JJ, Frick MP: Diagnostic efficacy of PET-FDG imaging in solitary pulmonary nodules. Potential role in evaluation and management. *Chest* **104**: 997-1002, 1993
- 2) Adler LP, Crowe JP, Al-Kaisi NK, Sunshine JL: Evaluation of breast masses and axillary lymph nodes with [F-18]2-deoxy-2-fluoro-D-glucose PET. *Radiology* **187**: 743-750, 1993
- 3) Bares R, Klever P, Hauptmann S, Hellwig D, Fass J, Cremerius U, et al: F-18 fluorodeoxyglucose PET in vivo evaluation of pancreatic glucose metabolism for detection of pancreatic cancer. *Radiology* **192**: 79-86, 1994
- 4) McGuirt WF, Keyes JW, Greven KM, Williams DW, Watson Jr NE, Cappellari JO: Preoperative identification of benign versus malignant parotid masses: a comparative study including positron emission tomography. *Laryngoscope* **105**: 579-584, 1995
- 5) Yasuda S, Raja S, Hubner KF: Application of whole-body positron emission tomography in the imaging of esophageal cancer: report of a case. *Surg Today* **25**: 261-264, 1995
- 6) 安田聖栄, 井出 満, 高木繁治, 正津 晃, 貞廣 莊太郎, 田島知郎, 他: Whole-body PET を施行した再発大腸癌の1例. *画像医学誌* **14**: 222-228, 1995
- 7) 千田道雄: PET の概要, 鳥塚莞爾監修, 新しい核医学画像—PET・SPECT—, 金芳堂, 京都, 1988, pp. 3-12
- 8) Rege SD, Hoh CK, Glaspy JA, Aberle DR, Dahlbom M, Razavi MK, et al: Imaging of pulmonary mass lesions with whole-body positron emission tomography and fluorodeoxyglucose. *Cancer* **72**: 82-90, 1993
- 9) Wahl RL, Cody RL, Hutchins GD, Mudgett EE: Primary and metastatic breast carcinoma: initial clinical evaluation with PET with the radiolabeled glucose analogue 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose. *Radiology* **179**: 765-770, 1991
- 10) 織田圭一, 千田道雄, 外山比南子, 石井賢二, 天野昌治: ポジトロン核種投与後のトランスミッション測定による吸収補正——測定条件の最適化——. *核医学* **31**: 37-41, 1994
- 11) Meikle SR, Bailey DL, Hooper PK, Eberl S, Hutton BF, Jones WF, et al: Simultaneous emission and transmission measurements for attenuation correction in whole-body PET. *J Nucl Med* **36**: 1680-1688, 1995

## Summary

### Cancer Detection with Whole-Body FDG PET Images without Attenuation Correction

Seiei YASUDA\*, Michiru IDE\*, Shigeharu TAKAGI\*, Akira SHOHTSU\*,  
Toshio MITOMI\*\*, Shin KOBAYASHI\*\*\* and Yutaka SUZUKI\*\*\*

*\*HIMEDIC Imaging Center at Lake Yamanaka*

*\*\*Second Department of Surgery, Tokai University School of Medicine*

*\*\*\*Division of Nuclear Medicine, Tokai University School of Medicine*

Whole-body positron emission tomography (PET) using 2-deoxy-2-[ $^{18}\text{F}$ ]fluoro-D-glucose (FDG) has been applied successfully for the detection of cancer. In PET studies, transmission scans for attenuation correction are usually performed. In whole-body PET studies, however, the transmission scans lengthen the acquisition time and are not practical for routine clinical use. Thirty-two patients underwent whole-body PET studies with transmission scans. A total of 106 lesions were true positive on corrected images. At the same time that the corrected images were being reconstructed, uncorrected images were also reconstructed and visually inspected. In a patient with a large breast

cancer (11 cm in diameter), the parasternal metastatic lymph node was not identified on the uncorrected image because of image artifacts produced by high FDG accumulation in the breast cancer. In a patient with recurrent colonic cancer, paraaortic metastatic lymph nodes were not well visualized because of attenuation effects. However, 104 out of 106 (98.1%) lesions were recognizable on uncorrected images as well as corrected images. This suggests that uncorrected images can be used for the detection of cancers.

**Key words:** PET, Whole-body PET,  $^{18}\text{F}$ -FDG, Transmission scan, Oncology.