

《ノート》

転移性脳腫瘍および頭蓋内悪性リンパ腫患者における ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime による Single Photon Emission Computed Tomography

Single Photon Emission Computed Tomography Using ^{99m}Tc -
hexamethylpropyleneamine Oxime in Patients with Metastatic
Brain Tumor or Intracranial Malignant Lymphoma

小野志磨人* 福永 仁夫* 大塚 信昭* 永井 清久*
森田 浩一* 村中 明* 古川 高子* 三村 浩朗*
柳元 真一* 友光 達志* 渡辺 明良** 石井 鏡二**
西下 創一*** 森田 陸司*

Shimato ONO*, Masao FUKUNAGA*, Nobuaki OTSUKA*, Kiyohisa NAGAI*,
Koichi MORITA*, Akira MURANAKA*, Takako FURUKAWA*, Hiroaki MIMURA*,
Shinichi YANAGIMOTO*, Tatsushi TOMOMITSU*, Akira WATANABE**,
Ryoji ISHII**, Soichi NISHISHITA*** and Rikushi MORITA*

*Department of Nuclear Medicine, **Neurosurgery and ***Radiology,
Kawasaki Medical School

I. 緒 言

近年、テクネチウム製剤の新しい脳血流イメージ剤である ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime (^{99m}Tc -HM-PAO) が開発され、脳血管障害、脳腫瘍、変性疾患などの診断や病態把握に使用されている^{1~12)}。また、 ^{99m}Tc -HM-PAO は腫瘍親和性を有すると報告されており、悪性リンパ腫や

肝細胞癌などへの高集積が知られている^{13~15,19)}。そこで、今回われわれは転移性脳腫瘍および頭蓋内悪性リンパ腫患者に ^{99m}Tc -HM-PAO による Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) を行い、集積状態を観察すると共に、一部の症例についてはその原発巣における集積の有無も併せて検討したので報告する。

II. 対象および方法

対象は、転移性脳腫瘍 10 例 (肺癌 3 例, 大腸癌 2 例, 乳癌 1 例, 睾丸腫瘍 1 例, 肝細胞癌 1 例, 原発不明癌 2 例) および頭蓋内悪性リンパ腫 3 例

Key words: ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime, Single Photon Emission Computed Tomography, Metastatic Brain Tumor, ^{67}Ga -citrate Scintigraphy.

* 川崎医科大学核医学科

** 同 脳外科

*** 同 放射線科

受付: 1 年 6 月 15 日

最終稿受付: 3 年 2 月 4 日

別刷請求先: 倉敷市松島 577 (☎ 701-01)

川崎医大核医学科

小 野 志磨人

の計13例である。全例にX線CTにより頭蓋内の腫瘍性病変の存在が確認されている。また、全例について造影CTを行い、併せて検討した。

^{99m}Tc -HM-PAO SPECTは、10~30 mCi (370~1,110 MBq)を静注後、15分目から早期像を、120分目から後期像を撮影した。なお、シンチ・カメラは回転型(GAMMA VIEW-T, 日立)を使用し、1方向15秒にて64方向からデータを収集した。また、二次元画像の前処理にはWiener Filterを、SPECT画像再構成にはSheep and Logan法を採用した。このようにして得られたSPECT像について、視覚的に脳内腫瘍部と周囲の正常脳組織との集積を比較し、次のように分類した。つまり、腫瘍部が明らかに認識できるほど強い集積を示したものを「高度集積」(+), 周囲の正常脳組織と同程度の集積を示したものを「中等度集積」(±), 周囲組織に比して集積が低下しているものを「集

積低下」(-)とした。また、転移性脳腫瘍7例については、 ^{99m}Tc -HM-PAOの早期像を撮影後、原発巣を含めて全身の集積の有無を検討した。さらに、転移性脳腫瘍5例および頭蓋内悪性リンパ腫3例については ^{67}Ga -citrateによるシンチグラフィを施行し、 ^{99m}Tc -HM-PAOイメージとの比較に供した。

III. 結 果

各症例の年齢、性別、脳内腫瘍病変の大きさ、原発部位、組織型、X線CTにおける造影増強効果の有無とその形状、 ^{99m}Tc -HM-PAOおよび ^{67}Ga シンチグラフィの結果をTable 1に示す。X線CTにおける増強効果は全例に認められ、11例ではほぼ均一な造影が、2例では腫瘍周囲部のリング状の増強が示された。なお、これらの増強効果や脳内腫瘍病変の大きさと ^{99m}Tc -HM-PAOの

Table 1 Summary of age, sex, size of brain lesion, primary site, histological finding, accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO and ^{67}Ga -citrate, and result of contrast enhanced X-ray CT in patients with metastatic brain tumor or intracranial malignant lymphoma

Case No	Age/Sex	Size of Brain Lesion	Tumor		Accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO		XCT (CE)	Accumulation of ^{67}Ga -citrate
			Primary	Histology	Brain	Primary or other metastatic lesion		
1	60/M	4×4 cm	Lung	AC	(-)	(-)	(+) ●	(-)
2	44/M	3×4	Lung	AC	(-)	(-)	(+) ●	(-)
3	56/M	3×3	Lung	AC	(-)	N.D.	(+) ◎	(+)*
4	49/M	2×3	Lung	AC	(-)	(-)	(+) ●	(-)
5	61/M	3×2.5	Colon	AC	(-)	(-)	(+) ●	(-)
6	45/M	2×4	Brest	AC	(-)	(-)	(+) ●	N.D.
7	32/M	2×2 2×3	Testis	Embryonal	(-)	(-)	(+) ●	(-)
8	38/M	2.5×3	Unknown	SCC	(-)	N.D.	(+) ◎	N.D.
9	63/M	2×2	Unknown	Unknown	(-)	N.D.	(+) ●	(-)
10	77/M	1.5×2	Liver	HCC	(+)	(±)	(+) ●	N.D.
11	62/M	2×2	Brain	Malignant Lymphoma	(-)	(-)	(+) ●	(-)
12	77/M	4×4	Brain	Malignant Lymphoma	(-)	(-)	(+) ●	(-)
13	66/M	0.5×0.5 1×1 1×1.5	Brain	Malignant Lymphoma	(±)	(-)	(+) ●	(-)

AC: Adenocarcinoma, SCC: Squamous Cell Carcinoma, HCC: Hepatocellular Cell Carcinoma, N.D.: Not done, *Brain and Lung, ●Homogeneous Enhancement, ◎Ring Like Enhancement

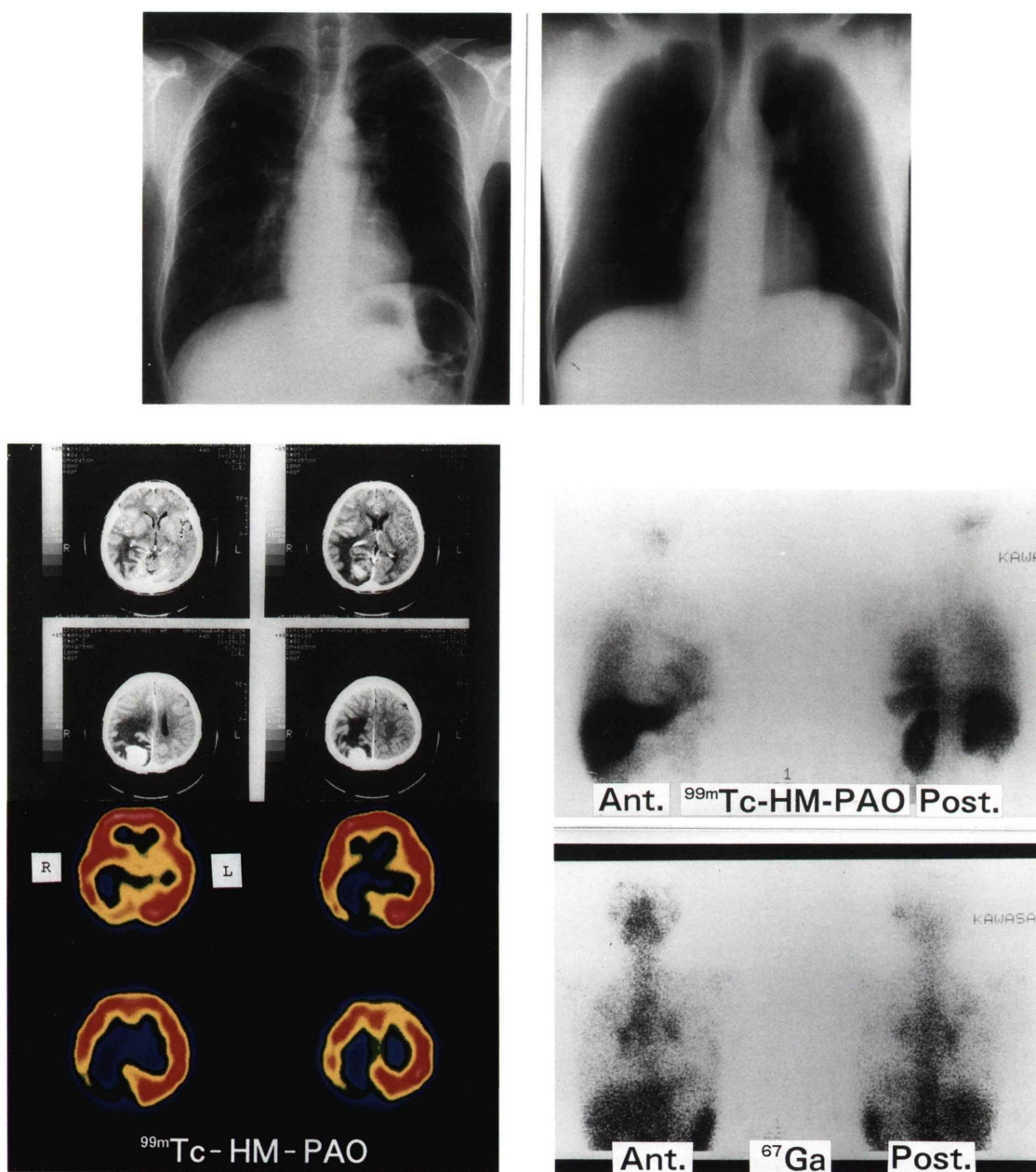


Fig. 1 Chest X-ray, brain CT, ^{99m}Tc -HM-PAO and ^{67}Ga scintigrams in Case No. 2 (lung cancer). The decreased accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO was observed in right occipital region.

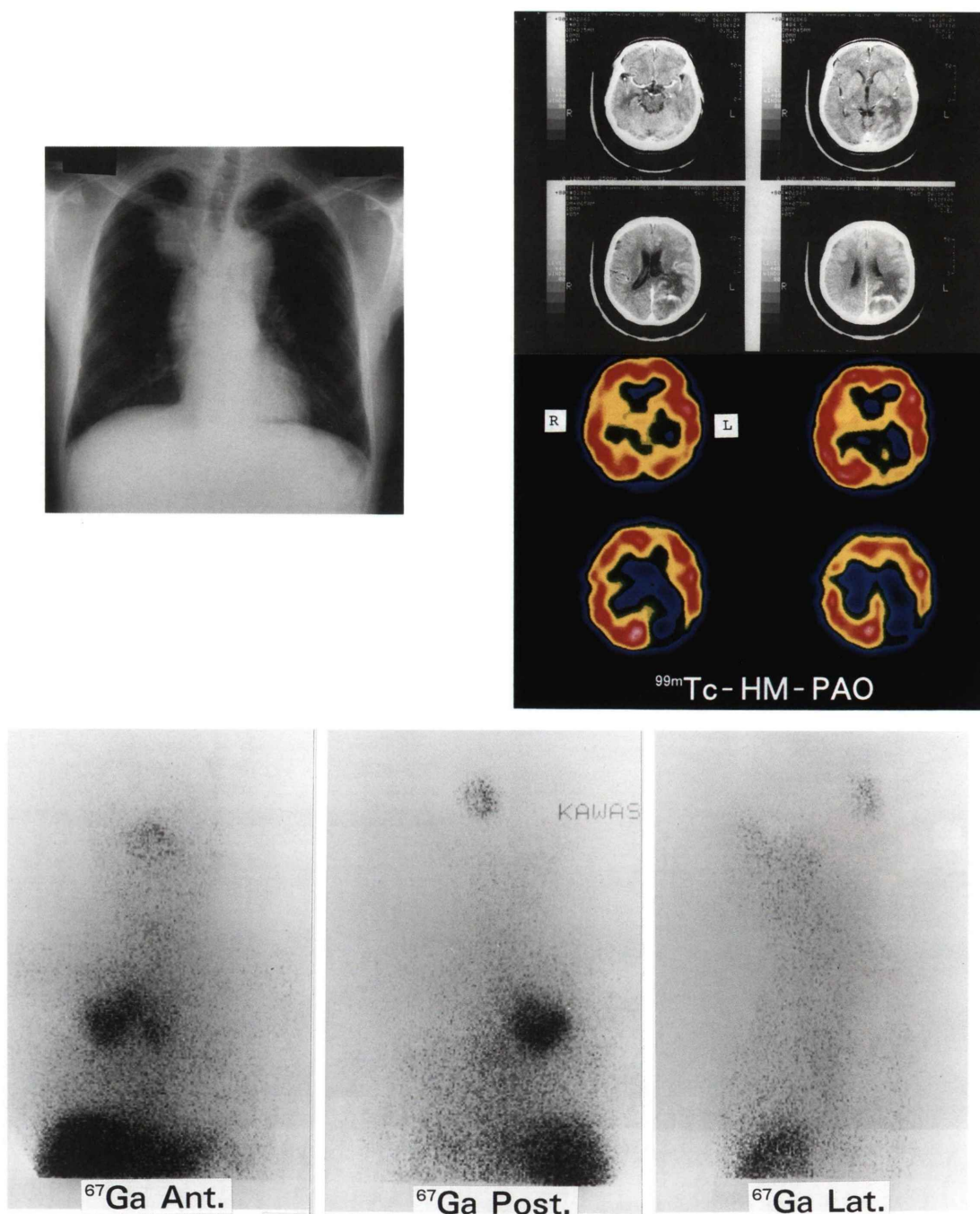


Fig. 2 Chest X-ray, brain CT, ^{99m}Tc -HM-PAO SPECT and ^{67}Ga scintigram in Case No. 3 (lung cancer). The decreased accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO was observed in left occipital and parietal regions. ^{67}Ga scintigram showed the abnormal accumulation in left occipital and parietal regions.

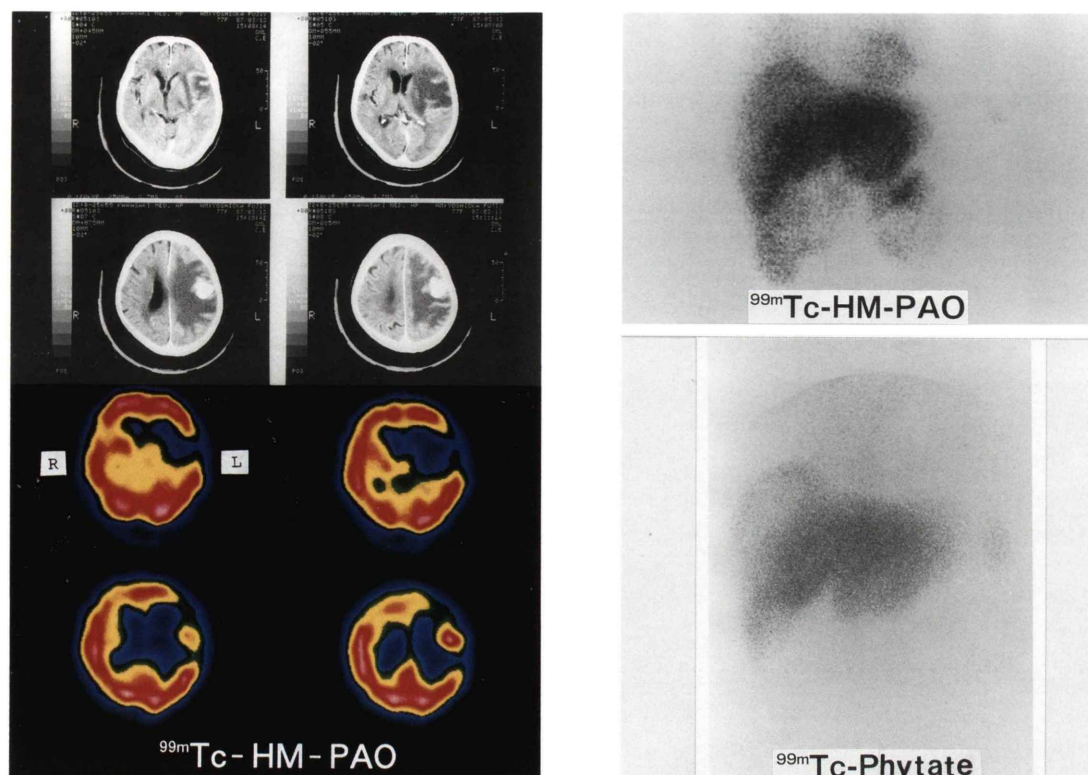


Fig. 3 Brain CT, ^{99m}Tc -HM-PAO and ^{99m}Tc -phytate scintigrams in Case No. 10 (hepatoma). The definitely increased accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO in metastatic brain tumor, associated with the decreased accumulation in the edematous region around tumor, was observed in left parietal region. Furthermore, the moderate accumulation of ^{99m}Tc -HM-PAO was noticed in the primary lesion in liver, while the decreased accumulation of ^{99m}Tc -phytate did.

集積との間には何ら相関は認められなかった。

^{99m}Tc -HM-PAO SPECT の結果、転移性脳腫瘍 10 例のうち、頭蓋内の腫瘍性病変に一致して「高度集積」を示したものは、肝細胞癌 1 例 (症例 10) のみであった。原発部位を含む全身の ^{99m}Tc -HM-PAO シンチグラフィを施行し得た 7 例では、強い集積を示した症例はなかった。ただし、肝細胞癌 1 例 (症例 10) は ^{99m}Tc -フチン酸による肝シンチグラフィでの欠損部に ^{99m}Tc -HM-PAO の軽度集積を認めた。 ^{67}Ga シンチグラフィが施行された 5 例では、肺癌例 1 例 (症例 3) においてのみ脳転移部に集積が観察された。また、本例は原発巣の肺癌部にも ^{67}Ga の異常集積が認められた。

頭蓋内悪性リンパ腫では、頭蓋内病変部に ^{99m}Tc -HM-PAO の集積を認めたのは、1 例 (症例 13) のみであり、その程度は周囲の脳組織とほぼ同程度の「中等度集積」であった。残り 2 例については「低集積」を示した。他方、 ^{67}Ga シンチグラフィでは、頭部を含め全身には異常集積はみられなかった。

なお、 ^{99m}Tc -HM-PAO 投与に対しては、何ら副作用が認められず、全例安全に検査を施行し得た。

IV. 症例呈示

肺癌症例で原発巣および脳転移部に ^{67}Ga , ^{99m}Tc -HM-PAO がともに集積を示さなかった例

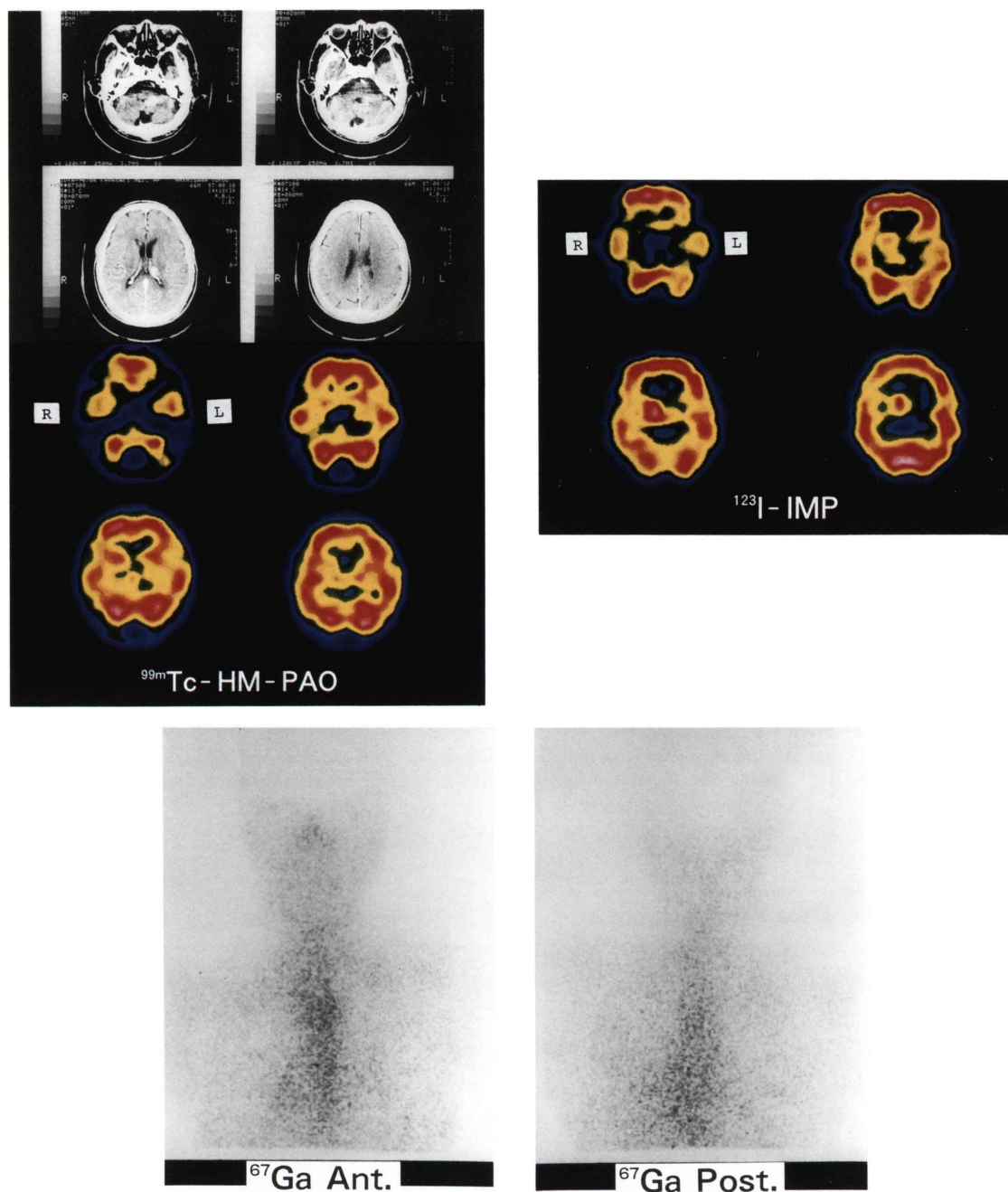


Fig. 4 Brain CT, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO, ^{123}I -IMP and ^{67}Ga scintigrams in Case No. 13 (intra-cranial malignant lymphoma). The moderate accumulation of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO was observed in left cerebellum, brain stem, peri-lateral ventriculus and right peri-anterior horn in lateral ventriculus.

(症例 2), 肺癌症例で原発巣および脳転移部に⁶⁷Ga の強い集積を認めたが,^{99m}Tc-HM-PAO では集積がみられなかった例(症例 3), 肝細胞癌症例で脳転移部に^{99m}Tc-HM-PAO が集積した例(症例 10)および悪性リンパ腫症例で脳内病変部に^{99m}Tc-HM-PAO が中等度の集積を示したが,⁶⁷Ga の集積がみられなかった例(症例 13)を以下に呈示する。

(1) 症例 2 (肺癌脳転移例) 44 歳, 男性

昭和61年11月左半身のしびれ感が生じたため来院。頭部 X 線 CT にて転移性脳腫瘍が疑われ入院となる。Fig. 1 に本例の胸部 X 線像, X 線 CT, ^{99m}Tc-HM-PAO および ⁶⁷Ga シンチグラフィを示す。胸部 X 線像では左横隔膜の挙上と左肺門部の腫瘍陰影が認められ, 断層像では腫瘍による左上葉主気管支の圧迫像と左上葉の無気肺が観察された。気管支鏡検査が行われ, 肺癌(腺癌)と診断された。

造影 X 線 CT では, 右後頭葉にほぼ均一に増強される腫瘍病変とその周囲の広範な浮腫が認められた。^{99m}Tc-HM-PAO SPECT では, X 線 CT 上の腫瘍およびその周囲の浮腫部は「低集積」として示された。⁶⁷Ga シンチグラフィでは, 両側肺門部に非特異的な軽度の集積がみられたが, 原発巣や脳転移部には異常集積はみられなかった。^{99m}Tc-HM-PAO による全身シンチグラフィでは, 左肺上葉の集積は低下しており, 左肺門部の腫瘍への集積も明らかでなかった。また, ⁶⁷Ga シンチグラフィで認められた両側肺門部への集積もみられなかった。

(2) 症例 3 (肺癌脳転移例) 56 歳, 男性

昭和61年9月, 眩暈を主訴に来院。転移性脳腫瘍が疑われ入院となる。Fig. 2 に本例の胸部 X 線像, ⁶⁷Ga シンチグラフィ, X 線 CT および ^{99m}Tc-HM-PAO SPECT を示す。胸部 X 線像では, 右上肺野に腫瘍陰影が観察され, 同部に一致して⁶⁷Ga の強い集積が認められた。また, 後面および側面像では, 左頭頂から後頭部に⁶⁷Ga の集積がみられた。造影 X 線 CT では, 同部にリング状に増強される腫瘍が観察された。^{99m}Tc-HM-

PAO SPECT では, 腫瘍部およびその周囲の浮腫部への集積は低下を示した。

(3) 症例10 (肝細胞癌脳転移例) 77 歳, 女性

昭和 61 年 11 月中旬から構音障害が出現。昭和 62 年 1 月, 右手の脱力も出現したため, 入院となる。入院時の頭部 X 線 CT では, 転移性脳腫瘍が疑われ, 原発巣の検索のために超音波検査が施行され, 肝右葉に腫瘍が認められた。血液生化学検査でも, 肝機能障害がみられ, 血中 α フェトプロテインも高値(441 ng/ml)のため, 肝細胞癌の脳転移と診断された。

本例の X 線 CT, ^{99m}Tc-HM-PAO および ^{99m}Tc-フチン酸シンチグラフィを Fig. 3 に示す。造影 X 線 CT では, 左頭頂部に均一に増強される腫瘍が観察された。^{99m}Tc-HM-PAO SPECT では, 腫瘍部は「高度集積」を示し, その周囲の浮腫部は集積の低下として描出された。^{99m}Tc-HM-PAO による腹部イメージでは, 肝右葉上部の原発部に軽度の集積がみられた。なお, 同部は^{99m}Tc-フチン酸シンチグラフィでは欠損像を示した。

(4) 症例 13 (頭蓋内悪性リンパ腫例) 66 歳, 男性

昭和62年7月頃から頭痛が出現。X 線 CT にて脳の腫瘍性病変が疑われ, 入院となる。本例は, 組織学的な検索はなされていないが, 頭蓋内悪性リンパ腫に特徴的な CT 所見, つまり均一で著明な造影効果を示すこと, しかし病変部周囲は造影されないこと, 傍脳室領域を中心に皮質に向かって拡がること, 脳浮腫の程度は軽度であることなどが示された^{23,24}。さらに, 放射線治療(40 Gy)や化学療法(プレドニン 80 mg/日)に対する反応性から頭蓋内悪性リンパ腫と診断された^{23,24}。

Figure 4 に, 本例の X 線 CT, ^{99m}Tc-HM-PAO, N-isopropyl-¹²³I-p-iodoamphetamine (¹²³I-IMP) および ⁶⁷Ga シンチグラフィを示す。造影 X 線 CT では, 左小脳から脳幹, 左側脳室周囲, 右側脳室前角周囲に増強される腫瘍が認められた。^{99m}Tc-HM-PAO SPECT では, 腫瘍部は周囲脳組織とほぼ同等の集積を示し, 「中等度集積」と判定された。一方, 同時期に施行された¹²³I-IMP

SPECT では、同部の腫瘍部への集積は低下していた。 ^{67}Ga シンチグラフィでは、頭部、頸部および胸部を含め、全身には異常集積はみられなかった。

V. 考 察

脳血流イメージ剤として開発された $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の SPECT は、脳腫瘍患者にも応用され、その脳病態の把握の一助としても試みられている。しかし、その集積は腫瘍により多様であり^{9,12,16-18,25}、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の腫瘍部への集積に関しては真の腫瘍内の血流を反映していないという報告もみられる²⁷。今回のわれわれの検討した13例においても、「中等度」以上の集積が認められたのは肝細胞癌および悪性リンパ腫の計2例のみで、他の症例はすべて集積低下として示された。これらの結果は造影 CT の所見との関連性は少なく、その集積の程度は単に血流のみを反映しているとは考え難い。したがって、転移性脳腫瘍患者の $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO SPECT を読影する場合、その意味付けには慎重を要する。

脳転移部への $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積に影響を与える因子としては、①腫瘍部の血流状態や腫瘍内の血管床の多少、②腫瘍の種類に基づく $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の親和性の差異、③腫瘍周辺部における浮腫あるいは腫瘍内部に存在する壊死組織の有無、④血液脳関門の破壊の有無などが挙げられる。①および④に関しては X 線 CT の造影効果がこれらの点を反映していると思われるが、今回のわれわれの検討では造影状態と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積の間には有意の関係がみられなかった。また、①については、脳動静脈奇形 (AVM) で高血流が存在するにも拘らず、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積は低下を示すが、それは AVM では $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MH-PAO の集積に関与する毛細血管を欠いているためとされている²⁶。また、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO と血漿蛋白あるいは血球との結合つまり血液プール像が、その画像に影響を与えるといわれる²⁸。②に関しては、今回の症例10でもみられたように、腫瘍自体の性質により集積が規定される。また、腫瘍部の

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積は $^{86}\text{RbCl}$ を用いた血流値と一致するが、肺、腎、肝などについては、差異がみられると報告されている²⁶。③に関しては、PET を用いた研究でも、腫瘍周囲またはその対側半球の血流や代謝が変化することが明らかにされている^{20,21}。④に関しては、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO は院内で調製される薬剤であり、標識の条件や標識後の時間経過によって標識率が低下することが知られている^{4,22}。そのため、遊離の $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ が存在すれば、血液脳関門の障害部位は高度集積として観察される可能性がある。

また、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO と ^{67}Ga シンチグラフィを比較すると、両者の集積は一致せず、腫瘍イメージ剤としては互いに補い合うものと思われる。

いずれにしても、転移性脳腫瘍や頭蓋内悪性リンパ腫への $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積は、原発巣の性質を反映し、大部分の症例では集積が低下することが示された。

VI. 結 論

転移性脳腫瘍10例と頭蓋内悪性リンパ腫3例に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO SPECT を行い、脳内病変部への $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積状態を検討した。その結果、「高等度集積」を示した肝細胞癌脳転移例1例と「中等度集積」を示した頭蓋内悪性リンパ腫1例を除き、残り11例は $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の集積低下を示し、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO を転移性脳腫瘍や頭蓋内悪性リンパ腫の腫瘍イメージング剤として使用するには限界があることが示された。なお、その集積には血流の他に原発巣への $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO の生理的分布や親和性あるいは腫瘍部の血管床の多少など多くの因子の関与が示唆され、その集積の解釈には慎重を要すると思われた。

稿を終えるに当たり、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HM-PAO のご提供を賜りましたアマシャム薬品株式会社に深謝致します。

文 献

- 1) Holmes RA, Chaplin SB, Royston KG, et al: Cerebral uptake and retention of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hexamethyl-

- propyleneamine oxime (^{99m}Tc -HM-PAO). Nucl Med Commun 6: 443-447, 1985
- 2) Nowotnik DP, Canning LR, Cumming SA, et al: Development of a ^{99m}Tc -labeled radiopharmaceutical for cerebral blood flow imaging. Nucl Med Commun 6: 499-506, 1985
- 3) Volkert WA, Hoffman TJ, Seger RM, et al: ^{99m}Tc -propyleneamine oxime (^{99m}Tc -PnAO): A potential brain radiopharmaceutical. Eur J Nucl Med 9: 511-516, 1984
- 4) Sharp PF, Smith FW, Gemmell HG, et al: Technetium-99m-HM-PAO-stereoisomers as potential agents for imaging regional cerebral blood flow: Human volunteer studies. J Nucl Med 27: 171-177, 1986
- 5) Ell PJ, Jarritt PH, Cullum I, et al: A new regional cerebral blood flow mapping with ^{99m}Tc -labelled compound. Lancet II: 50-51, 1985
- 6) Ell PJ, Hocknell JML, Jarritt PH, et al: A ^{99m}Tc -labelled radiotracer for the investigation of cerebral vascular disease. Nucl Med Commun 6: 437-441, 1985
- 7) Yeh SH, Liu RS, Hu HH, et al: Brain SPECT imaging with ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime in the early detection of cerebral infarction: Comparison with transmission computed tomography. Nucl Med Commun 7: 873-878, 1986
- 8) Leonard JP, Nowotnik DP, Neirinckx RD: Technetium-99m-d,l-HM-PAO: A new radiopharmaceutical for imaging regional brain perfusion using SPECT-A comparison with iodine-123-HIPDM. J Nucl Med 27: 1819-1823, 1986
- 9) 小野志磨人, 福永仁夫, 大塚信昭, 他: 脳腫瘍における ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime による Single Photon Emission Computed Tomography. 核医学 25: 1371-1379, 1988
- 10) 小野志磨人, 福永仁夫, 森田浩一, 他: 脊髄小脳変性症における ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime による Single Photon Emission Computed Tomography. 核医学 25: 243-253, 1988
- 11) 星 博昭, 陣之内正史, 渡辺克司, 他: ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime を用いた脳腫瘍および脳動静脈奇形の脳血流 SPECT—CT, ^{133}Xe , ^{123}I -IMP との比較—。核医学 24: 1617-1623, 1987
- 12) 松田博史, 寺田一志, 東壮太郎, 他: ^{99m}Tc -d,l-hexamethylpropylene amine oxime による脳血流シンチグラフィの基礎的, 臨床的検討。核医学 24: 1329-1341, 1987
- 13) Tait D, McCready R, Ott RJ: HM-PAO assessment of human tumor perfusion. Eur J Cancer Clin Oncol 23: 789-793, 1986
- 14) Morita K, Ono S, Fukunaga M, et al: Accumulation of N-isopropyl-p-(^{123}I)-iodoamphetamine and ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime in metastatic hepatocellular carcinoma. J Nucl Med 29: 1460-1462, 1988
- 15) Hoshi H, Jinnouchi S, Sameshima M, et al: Tc-99m hexamethylpropyleneamine oxime (HM-PAO) uptake in a bone metastasis. Clin Nucl Med 13: 595-598, 1988
- 16) Spreafico G, Cammelli F, Gadolz G, et al: Initial experience with SPECT of the brain using ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime (^{99m}Tc -HM-PAO). Eur J Nucl Med 12: 557-559, 1987
- 17) 西澤貞彦, 米倉義晴, 藤田 透, 他: ^{99m}Tc -d,l-HM PAO を用いた脳血流 SPECT の検討。核医学 24: 1521-1528, 1987
- 18) Lindegaard MW, Skretting A, Hager B, et al: Cerebral and cerebellar uptake of ^{99m}Tc -(d,l)-hexamethylpropyleneamine oxime (HM-PAO) in patients with brain tumor studied by single photon emission computed tomography. Eur J Nucl Med 12: 417-420, 1986
- 19) 大島統男, 伊藤健吾, 岡江俊治, 他: ^{99m}Tc -HM-PAO による原発性肺癌の検出について—病理との対比—。日医放会誌 49: S63, 1989
- 20) Ito M, Lammertsma AA, Wise RJS, et al: Measurement of regional cerebral blood flow and oxygen utilization in patients with cerebral tumors using ^{15}O and positron emission tomography. Neuro-radiology 23: 63-74, 1982
- 21) 鳥塚莞爾, 米倉義晴, 佐治英郎, 他: 脳腫瘍と PET. 神経進歩 28: 275-286, 1984
- 22) Bayne VJ, Forster AM, Tyrrell DA: Use of sodium iodide to overcome the eluate age restriction for ceretecTM reconstruction. Nucl Med Commun 10: 29-33, 1989
- 23) 神部慈子, 鹿浦砂智子, 稲田由紀, 他: 頭蓋内悪性リンパ腫の治療経験。臨放 33: 345-349, 1987
- 24) 松元幹郎, 大塚隆嗣, 黒木貴夫, 他: 頭蓋内原発悪性リンパ腫——自験例9例の臨床病態と転帰。Neurol Med Chir (Tokyo) 28: 1186-1192, 1988
- 25) Langen KJ, Roosen N, Herzog H, et al: Investigation of brain tumors with ^{99m}Tc -HM-PAO SPECT. Nucl Med Commun 10: 325-334, 1989
- 26) Hammersly PAG, McCready VR, Babich JW, et al: ^{99m}Tc -HM PAO as a tumor blood flow agent. Eur J Nucl Med 13: 90-94, 1987
- 27) Hoshi H, Jinnouchi S, Watanabe K, et al: Mismatch between iodine-123 IMP and technetium-99m HM-PAO brain perfusion image in a patient with meningioma. Clin Nucl Med 12: 737-740, 1988
- 28) Hayashida K, Nishimura T, Imakita S, et al: Filling out phenomenon with technetium-99m HM-PAO brain SPECT at site of mild cerebral ischemia. J Nucl Med 30: 591-598, 1989