

《原 著》

肺癌脳転移における  $^{201}\text{Tl}$  脳 SPECT の検討

——病巣・健常部カウント比と病巣の大きさについて——

戸川 貴史\*      油井 信春\*      木下富士美\*      柳沢 正道\*  
 難波 宏樹\*\*

**要旨** 肺癌脳転移 20 例において 3 検出器回転型ガンマカメラを用い  $^{201}\text{Tl}$  SPECT を行い、病巣の大きさと検出率および病巣・健常部カウント比 (T/N 比) との関連について検討した。71 病巣のうち腫瘍径が 13 mm 以下では 40 病巣中 9 病巣 (22.5%) が検出されたのみであったが、14 mm 以上の病巣では 31 病巣のすべて (100%) が  $^{201}\text{Tl}$  SPECT により検出可能であった。転移巣の T/N 比と病巣の大きさの間には、有意な正の相関 ( $r=0.75$ ,  $p<0.001$ ) があり、転移巣が大きいほど、T/N 比は高値を示した。さらに、同一患者においても、多発性脳転移では病巣の大きさ (d) と T/N 比との間に、やはり有意な正の相関 ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ) があり、T/N 比は病巣の大きさによって変動した。この T/N 比の差は部分容積効果に基づくものと考えられた。しかし、T/N 比を d で補正した  $\text{T/N} \cdot d$  を求めると、病巣の大きさにかかわらず  $\text{T/N} \cdot d$  値は一定値を示した。以上の結果は、従来より脳腫瘍の悪性度の評価に有用であると考えられていた T/N 比が病巣の大きさによって変動し、より正確なパラメータを求めるには T/N 比をさらに大きさによって補正する必要があることを示した。

(核医学 32: 217-225, 1995)

## I. はじめに

$^{201}\text{Tl}$ -chloride ( $^{201}\text{Tl}$ ) は優れた腫瘍親和性薬剤であり、肺癌<sup>1)</sup>、甲状腺癌<sup>2)</sup> のみならず、脳腫瘍の診断にも用いられている。Ancr<sup>3)</sup> らは  $^{201}\text{Tl}$  が転移性脳腫瘍を  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$  よりも明瞭に描出することを<sup>3)</sup>、また、Kaplan らは<sup>4)</sup>  $^{201}\text{Tl}$  の planar image が glioma の viable cell の分布を正確に反映していると報告した。その後、脳腫瘍の診断にも SPECT が導入され、定量的な評価が行われるようになった。

すなわち、多くの報告の中では、病巣と健常部脳に ROI を設定しその ROI 内の平均カウントから病巣・健常部カウント比を求めており、この指標が glioma の悪性度とよく相関を示したり<sup>5)</sup>、放射線治療後の放射線脳壊死と腫瘍再発との鑑別に有用である<sup>6)</sup>と報告されている。しかし、この病巣・健常部カウント比が病巣の大きさにどの程度影響を受けるかについての臨床的検討は少ない<sup>7)</sup>。

本論文では肺癌脳転移症例に対し  $^{201}\text{Tl}$  SPECT を行い、病巣の大きさと病巣・健常部カウント比との関連を検討した。肺癌は脳転移を好発し<sup>8)</sup>、造影 MRI が出現後、脳転移もその多くは多発性であることがわかっていった<sup>9)</sup>。多発性脳転移巣は、本来同種の組織分化度と増殖能を持つ癌が脳の異なる部位に転移したものである。さらに原発巣に比べ、転移巣は同じような転移能

\* 千葉県がんセンター核医学診療部

\*\* 同 脳神経外科

受付: 6 年 9 月 12 日

最終稿受付: 6 年 11 月 30 日

別刷請求先: 千葉市中央区仁戸名町 666-2 (☎ 260)

千葉県がんセンター核医学診療部

戸川 貴史

を有する, より homogeneous な細胞群から成っている<sup>10)</sup>. したがって,  $^{201}\text{Tl}$  の摂取が腫瘍の悪性度や増殖能を反映しているのならば, 同一症例においては, それぞれの脳転移巣においても単位容積あたりの  $^{201}\text{Tl}$  の摂取は病巣の大きさに影響されない値を示さなければならない. したがって, 多発性脳転移巣は脳腫瘍への  $^{201}\text{Tl}$  摂取の定量にさいして良いモデルになると思われ, 今回の検討を行った.

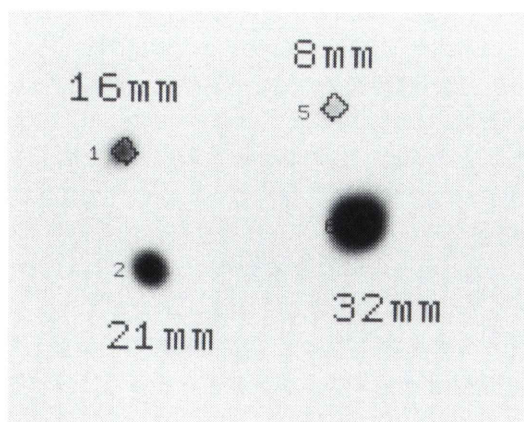
## II. 対象および方法

未治療の肺癌脳転移 20 症例 (男性 16 例, 女性 4 例, 平均年齢 59 歳) に  $^{201}\text{Tl}$  SPECT を行った. 組織型別内訳は高分化腺癌 4 例, 中分化腺癌 3 例, 低分化腺癌 4 例, 扁平上皮癌 2 例, 小細胞癌 4 例, 未分化癌 1 例および不明 2 例である. 塩化

**Table 1** Detectability of metastatic lesion by  $^{201}\text{Tl}$  SPECT and tumor diameter

Tumor diameter (mm)	Positive results
13 or below	9/40 (22.5%)
14 or above	31/31 (100%)
Total	40/71* (56.3%)

\* Seventy-one lesions were detected by Gd-DTPA-enhanced MR imaging

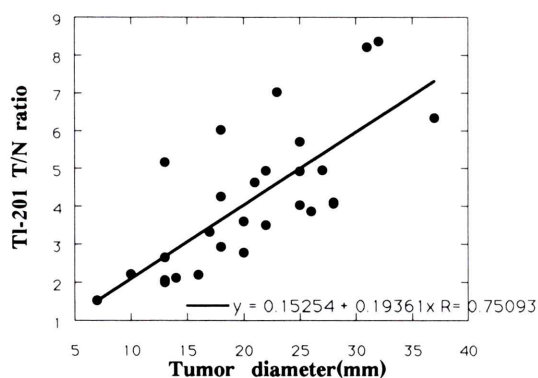


**Fig. 1** SPECT image of cylinder phantoms of 8, 16, 21, and 32 mm diameters. Counts of ROIs were 4287, 6619, 9863, and 12105 with the phantoms of 8, 16, 21, and 32 mm diameters, respectively.

タリウム 111 MBq 静注 15 分後より 3 検出器回転型ガンマカメラ (東芝 GCA 9300A) を用いデータ収集を行った. コリメータは頭部専用の fan-beam コリメータを使用し, 収集マトリックスは  $128 \times 128$  で 4 度 step で回転させ 1 step 60 秒, 合計 60 方向からの投影像を 30 分で収集した. fan-beam による  $128 \times 128$  マトリックスの投影データを  $64 \times 64$  マトリックスの parallel-beam 投影像に変換後, 前処理フィルタにはバターワースフィルタを再構成にはランプフィルタを用い 1 スライス 3.4 mm の断層像を作成した. 本装置の FWHM は 7 mm であった. 得られた横断像においてまず腫瘍部に大きめの関心領域 (ROI) を設定し, ROI 内の最大カウントを 100% とし, その 80% カウントを cut off 値として自動的に腫瘍領域を設定した. 腫瘍部の ROI を反転し健常部に同一大の ROI を設定し腫瘍部, 健常部 ROI 内の平均カウントをそれぞれ T, N とし病巣・健常部カウント比 (T/N 比)

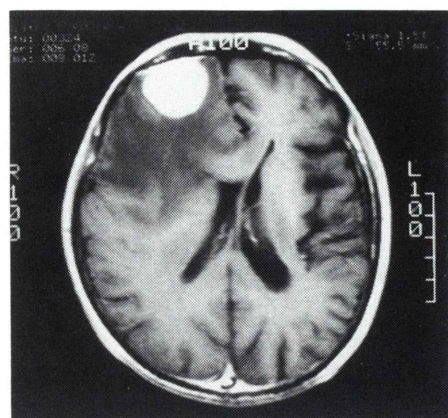
**Table 2** Count recovery of phantoms

Diameter (d) of phantom (mm)	Total count (C)	C/d
32 mm	12105 (1.0)	378.3 (1.0)
21 mm	9863 (0.81)	469.7 (1.2)
16 mm	6619 (0.55)	413.6 (1.1)
8 mm	4287 (0.35)	535.8 (1.4)

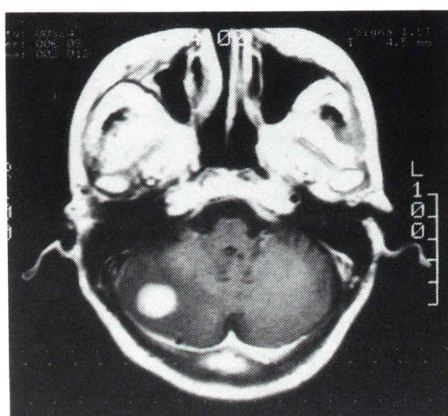


**Fig. 2** Correlation between T/N ratio and the diameter of 28 metastatic lesions. There is a significant correlation between  $^{201}\text{Tl}$  T/N ratio and tumor diameter ( $r=0.75$ ,  $p<0.001$ ).



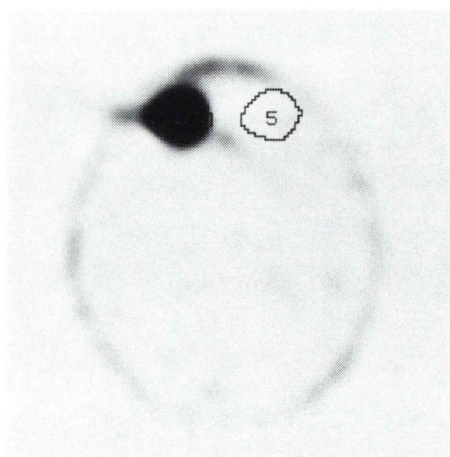


A

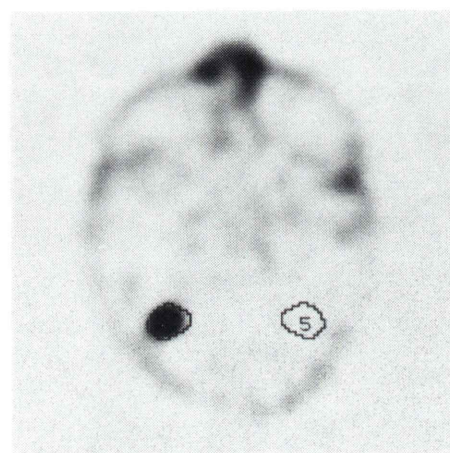


B

**Fig. 3 AB** T1-weighted MR images with Gd-DTPA enhancement of a 75-year-old male with multiple brain metastases of lung cancer. Two metastatic lesions of 31 and 18 mm diameters were detected in right frontal lobe (A) and right cerebellum (B).



C



D

**Fig. 3 CD**  $^{201}\text{Tl}$  SPECT images of a 75-year-old male with multiple brain metastases of lung cancer. Abnormal uptake by metastatic lesion was shown and T/N ratio was 8.22 and 4.26 in the right cerebral (C) and cerebellar (D) lesions. In contrast, T/N·d showed almost the same value, 0.27 and 0.24, in two lesions regardless of tumor size.

を算出した。20例全例においてGd-DTPA造影によるMRI T1強調画像を撮像し、転移性病巣の数、サイズを計測した。20例中11例が多発性脳転移であり、他の9例は単発性転移であった。同時にファントム study を行った。直径が8, 16, 21, 32 mmの円柱ファントムに40  $\mu\text{Ci/ml}$ の塩化タリウムを満たし、水中にてSPECT撮像を行った。収集条件、再構成条件は前記と同じであった。

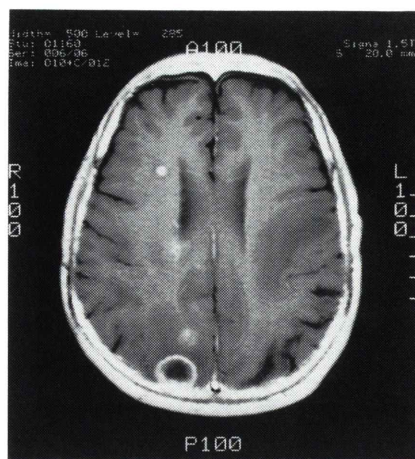
### III. 結 果

MRI画像においては20症例において71か所の脳転移巣が検出された。まず、転移巣のサイズによって、 $^{201}\text{Tl}$  SPECTによる病巣の検出率がどう異なるか検討した (Table 1)。腫瘍サイズが13 mm以下で検出されたものは40病巣中9病巣

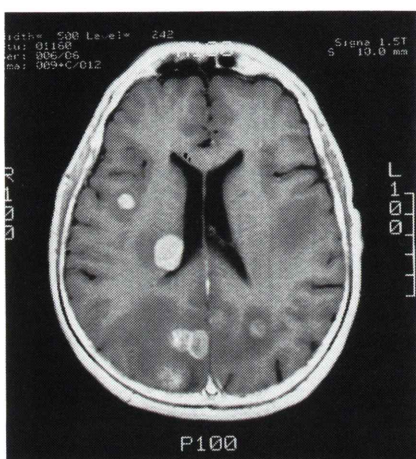




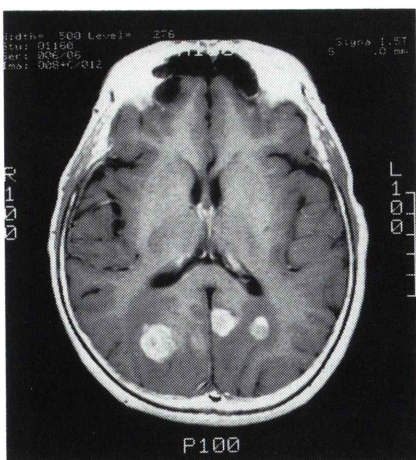
A



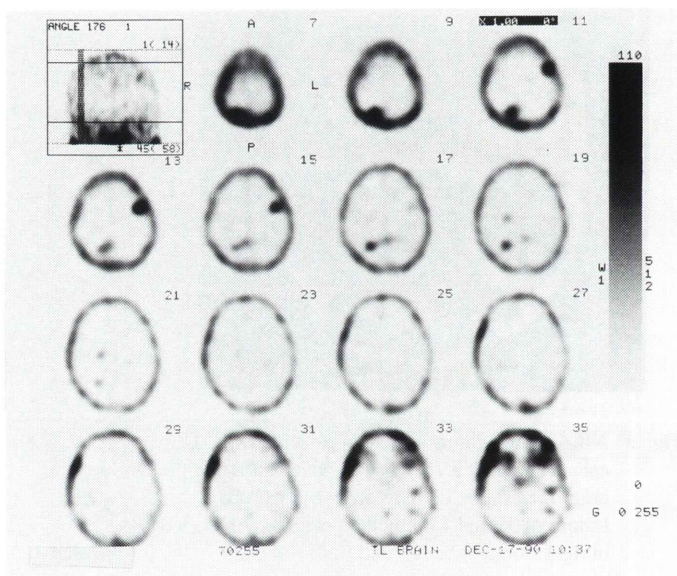
B



C



D



E

**Fig. 4 ABCD** T1-weighted MR images with Gd-DTPA enhancement of a 53-year-old male with multiple brain metastases of lung cancer. Multiple metastatic lesions were detected in cerebrum.

**Fig. 4 E**  $^{201}\text{Tl}$  SPECT images of a 53-year-old male with brain metastases of lung cancer. Multiple abnormal uptake by metastatic lesions were shown.

(22.5%) のみであったが、14 mm 以上では 31 病巣すべてが検出された。したがって、14 mm 以上の腫瘍サイズがあれば今回使用した 3 検出器 SPECT 装置で 100% 検出可能であると思われた。

40  $\mu\text{Ci/ml}$  の塩化タリウムを満たした直径 (d) が 8, 16, 21, 32 mm の円柱ファントムの SPECT 画像を Fig. 1 に示す。4 種類のファントムのなかでは直径 32 mm のファントムが最も強く描出された。それぞれに同一大の ROI を設定し総カウント (C) を求めると (Table 2), ファントム径が小であるほど、カウントの回収が少ないことが分かる。これに対し、総カウント (C) を直径 (d) で補正し C/d 値を求めると<sup>7)</sup>、C/d 値は直径が FWHM の 2 倍を超える 32 mm, 21 mm, 16 mm ではほぼ一定値を示した。以上の結果より、臨床例においても T/N 比を腫瘍径 (d) で補正した  $T/N \cdot d$  値をパラメータとした。

次に、転移巣のサイズと T/N 比との関連を検討した (Fig. 2)。T/N 比を算出した 28 病巣において比較すると両者の間には、有意な正の相関が認められた ( $r=0.75$ ,  $p<0.001$ )。すなわち、転移巣のサイズが大きいほど T/N 比は高く、転移巣のサイズが小さいほど T/N 比は低かった。

実際の臨床例を供覧する。75 歳の男性で歩行障害を主訴として来院した。頭部の Gd-DTPA 造影による MRI T1 強調画像 (Fig. 3 A, B) では、右前頭葉に 31 mm 大の、右小脳半球には 18 mm 大の均一に造影される腫瘤を認めた。胸部 X 線写真上、右 S6 に 25 mm 径の腫瘍を認め肺癌の脳転移と診断された。気管支鏡検査が行われたが、細胞学的確信は得られなかった。この症例の  $^{201}\text{Tl}$  SPECT では (Fig. 3 C, D) MRI で指摘された病巣に一致して境界明瞭な  $^{201}\text{Tl}$  の異常集積像を認めた。T/N 比は右前頭葉の 31 mm 径のものが 8.22, 右小脳の 18 mm 径のものが 4.26 であり病巣の大きいものが高値を示した。もともと、同種の組織分化度と増殖能を有する肺癌が脳の異なる部位に転移しているのであるから、求めた定量値も病巣の大きさに影響されない値を示さなければならない。ファントムでの結果に基づき T/N 比を腫瘍径

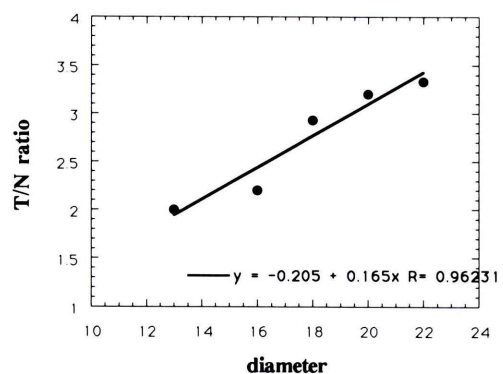
(d) で補正した  $T/N \cdot d$  値を求めると 31 mm 径の右前頭葉転移巣が 0.27, 18 mm 径の右小脳転移巣が 0.24 であり、ほぼ一定値を示した。

次の症例は 53 歳の男性で小細胞癌の多発性脳転移である。Gd-DTPA 造影による MRI T1 強調画像 (Fig. 4 A~D) では、両側大脳半球に大小多数の多発性転移巣を認めた。 $^{201}\text{Tl}$  SPECT では (Fig. 4 E) やはり多発性に異常集積像を認めたが、描出の程度は病巣の大きさによって異なっていた。それぞれ大きさの異なる転移巣 5 か所に ROI を設定し、T/N 比と転移巣のサイズとの関連を比較した (Table 3)。転移巣の大きさと T/N 比との間には有意な正の相関があった ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ) (Fig. 5)。すなわち、T/N 比は 2.0 から 3.33 に分布

**Table 3** T/N ratio and tumor size of a patient with multiple brain metastases shown in Fig. 4 E

	T/N ratio	Diameter (d)	T/N · d
	3.33	22 mm	0.151
	3.20	20 mm	0.160
	2.93	18 mm	0.163
	2.20	16 mm	0.138
	2.0	13 mm	0.154
Mean $\pm$ SD	2.73 $\pm$ 0.54		0.15 $\pm$ 0.01
CV	19.6%		5.7%

There is a significant linear correlation between tumor size and T/N ratio ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ )



**Fig. 5** Correlation between T/N ratio and tumor diameter shown in Table 3. There was a significant linear correlation between T/N ratio and tumor diameter ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ). The regression equation was represented as  $y = -0.205 + 0.165x$ .



**Table 4** Correlation between T/N ratio, T/N · d, and histological type of the tumor

	T/N ratio	d (mm)	T/N · d
well-diff adenoca. (5 lesions)	2.25 ± 0.66	13.8 ± 4.8	0.17 ± 0.03
mod-diff adenoca. (4 lesions)	5.63 ± 1.63*	24.5 ± 7.1**	0.25 ± 0.10
poorly-diff adenoca. (8 lesions)	4.79 ± 1.35*	26.1 ± 13.8	0.21 ± 0.06

d means diameter of the lesion.

\* statistically different from well-diff adenocarcinoma ( $p < 0.01$ )

\*\* statistically different from well-diff adenocarcinoma ( $p < 0.05$ )

し転移巣が大きいほど高値であった。Mean ± SD は  $2.73 \pm 0.54$  であり変動係数 (CV) は 19.6% であった。これに対し、T/N 比を腫瘍径 (d) で補正した T/N · d 値を求めると、T/N · d 値の Mean ± SD は  $0.15 \pm 0.01$  であり変動係数 (CV) は 5.7% であった。したがって、多発性脳転移巣においては、T/N よりも、T/N · d のほうが大きさにかかわらずほぼ一定値を示した。脳転移巣を腺癌の組織分化度別に T/N 比、腫瘍径 (d)、および T/N 比を腫瘍径 (d) で補正した T/N · d 値について比較した (Table 4)。高分化腺癌、中分化腺癌、および低分化腺癌における T/N 比はそれぞれ  $2.25 \pm 0.66$ ,  $5.63 \pm 1.63$ , および  $4.79 \pm 1.35$  であり中分化腺癌、低分化腺癌の T/N 比は高分化腺癌に比べ有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。しかし、高分化腺癌、中分化腺癌、および低分化腺癌における腫瘍径はそれぞれ、 $13.8 \pm 4.8$ ,  $24.5 \pm 7.1$ , および  $26.1 \pm 13.8$  mm であり中分化腺癌の腫瘍径は高分化腺癌に比べ有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。低分化腺癌においても腫瘍径には有意差はないものの、やはり高分化腺癌よりは腫瘍径が大きかった。したがって、分化度別に見た T/N 比の差は、分化度による差のみではなく転移巣の大きさに伴うものとも考えられる。これに対し、T/N · d 値は高分化腺癌、中分化腺癌、および低分化腺癌の順に  $0.17 \pm 0.03$ ,  $0.25 \pm 0.10$ , および  $0.21 \pm 0.06$  であり、高分化腺癌が中分化腺癌、低分化腺癌に比べやや低値を示したが、組織分化度別に有意差はみられなかった。

#### IV. 考 察

脳腫瘍における  $^{201}\text{Tl}$  SPECT は、脳腫瘍の悪性度の評価<sup>5,11)</sup>、放射線治療効果の判定<sup>12)</sup> および放射線治療後の放射線脳壊死と腫瘍再発との鑑別<sup>6,13)</sup> に有用であると理解されている。いずれの報告も、病巣部と健常脳に関心領域を設定し病巣・健常部カウント比を求めて、定量的な評価を行っている。例えば脳腫瘍の悪性度に関して、Black らは<sup>9)</sup> 腫瘍部のピクセルあたりの平均カウント対健常部のピクセルあたりの平均カウントを thallium index として算出し、thallium index が low grade glioma では  $1.27 \pm 0.40$ , high grade glioma では  $2.40 \pm 0.61$  で、cut off 値を 1.5 とすると accuracy は 89% であると述べている。すなわち、low grade では thallium index は低値を、high grade では高値を示した。また、Oriuchi らは<sup>14)</sup> 28 例の glioma において同様の方法で  $^{201}\text{Tl}$  index を求め、grade IV glioma では  $^{201}\text{Tl}$  index が  $198.1 \pm 32.8\%$  と最も高く、grade III glioma では  $140.5 \pm 15.1\%$ , low grade glioma では  $104.1 \pm 22.6\%$  であり、Black とほぼ同様の結果を得た。さらに  $^{201}\text{Tl}$  index と thymidine analogue である BUdR 陽性細胞との間には ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ) の有意の相関があり  $^{201}\text{Tl}$  集積度は腫瘍の増殖活性とも関連していると述べている。また、25 か月以内に亡くなった患者の  $^{201}\text{Tl}$  index が  $173.2 \pm 44.7\%$  であったのに対し、生存中の患者の  $^{201}\text{Tl}$  index は  $122.4 \pm 44.5\%$  であり、予後と  $^{201}\text{Tl}$  index にも関連があった。

一方, Mountz らは<sup>15)</sup>, high-grade astrocytoma 5 例において,  $^{201}\text{Tl}$  による摘出標本の microautoradiography を行い, grain density が viable tumor では高く, necrotic tumor では background と同程度に低く, high-grade astrocytoma を  $^{201}\text{Tl}$  が描出するのは, tumor cell への選択的な取り込みによるものと結論づけた. したがって, glioma の再発あるいは残存腫瘍を壊死や浮腫と鑑別するのに  $^{201}\text{Tl}$  が役立つことが予想された.

放射線治療後の放射線脳壊死と腫瘍再発との鑑別に関し, Kosuda らは<sup>6)</sup> Black らと同様の方法で L/N ratio を求め, 腫瘍再発または腫瘍残存では L/N 比が 2.5 以上を示したのに対して, 放射線脳壊死では L/N 比が 2.5 以下であったと述べている. このように, 脳腫瘍へのタリウムの摂取を定量的に求めることは, 腫瘍の増殖能や悪性度の推定および, 放射線治療後の再発と放射線脳壊死との鑑別に有用である. しかし, 脳腫瘍へのタリウムの摂取を定量的に求める場合, 使用した検出器の分解能や腫瘍の大きさに伴う部分容積効果<sup>16)</sup>によって求める定量値は異なってくることも事実であるが, この点に関する検討は少ない. Kim らは<sup>11)</sup> FWHM の 2 倍よりも小さな病巣においては, カウントが過小評価されると述べ, 大きい病巣においても腫瘍が necrotic core を多く含んでいると, partial volume effect のため  $^{201}\text{Tl}$  index が小さくなると述べた. 本論文では, 空間分解能が優れている 3 検出器回転型ガンマカメラを用い, まずどの程度の腫瘍サイズを  $^{201}\text{Tl}$  SPECT で陽性描画できるか, さらに従来の thallium index すなわち病巣・健常部カウント比が病巣の大きさに依存するか否かを肺癌脳転移症例において検討した.

脳転移巣のサイズが 13 mm 以下では 22.5% の検出率であったが, 14 mm 以上では 100% の検出率であった. 本装置はファンビームコリメータを使用しその分解能 (FWHM) は 7 mm である. したがって, FWHM の 2 倍すなわち 14 mm 以上の病巣は検出可能であると考えられたが, 実際にも 14 mm 以上の病巣の 100% が  $^{201}\text{Tl}$  SPECT により検出できた. また, T/N 比を算出した 28 病巣の

うち, はっきり病巣を視覚的に認識することができた 27 病巣では T/N 比が 2.0 以上を示した. 残りの 1 例では病巣が 7 mm であり, MRI と対比してはじめて異常集積を認識できたが, この病巣での T/N 比は 1.53 であった. したがって, 視覚的に病巣をはっきり陽性像として認識するためには, T/N 比が 2.0 以上を示さなければならないと考えられる<sup>17)</sup>.

さらに, 今回の結果は, T/N 比が病巣の大きさにも依存した値であることを示した. T/N 比と病巣の大きさの間には正の相関があり ( $r=0.75$ ), 多発性脳転移巣における検討でも, 同一症例における T/N 比は, 転移巣の大きさが大きいほど, 高値を示し, 両者の間には  $r=0.96$  の正の相関があった. すなわち, この多発性脳転移巣において, T/N 比 ( $y$ ) と腫瘍径 ( $x$ ) との間には  $y = -0.205 + 0.165x$  の回帰式が得られ, ここでの回帰係数は病巣の大きさにかかわらず一定である. 一般に  $y = ax + b$  の回帰式において, 回帰係数は  $a = (y - b)/x$  で表され,  $b \ll y$  であれば,  $a$  は  $y/x$  に近似する. 実際に Table 3 で示した  $\text{T/N} \cdot d$  は 0.15 を示し, 回帰係数 0.165 に近似した値を示した.  $^{201}\text{Tl}$  の摂取が腫瘍の悪性度を反映しているならば, 本来同種の組織分化度と増殖能を持つ肺癌が, 脳の異なる部位に転移している多発性脳転移巣においては, 単位容積あたりの  $^{201}\text{Tl}$  の摂取は, 病巣の部位や大きさに影響されない値を示さなければならない. 今回, 肺癌脳転移巣においては腫瘍径 ( $d$ ) で T/N 比を補正し,  $\text{T/N} \cdot d$  値を求めたところ, 同一症例においては転移巣の大きさにかかわらず  $\text{T/N} \cdot d$  値がほぼ一定の値を示した. しかし, この補正法はあくまでも  $^{201}\text{Tl}$  の分布が均一であることが前提であり, 腫瘍が necrotic portion を多く含んでいる時は, 適応できない. 摂取が不均一な病巣においても, 病巣の正確な定量値を求めるためには, さらに, 腫瘍の viable volume を求め, この viable volume に基づいた補正が今後必要になるものと思われる.

脳腫瘍の悪性度の正確な評価には, 再現性がよく, 簡便で, 正確な定量値を求めなければならない

い。今回の検討では、従来の thallium index が tumor volume による影響を受けており、index を比較する際には、tumor volume が関与していることを考慮しなければならないことを示した。

## 文 献

- 1) Togawa T, Suzuki A, Kato K, Higuchi Y, Moriya H, Hoshi K, et al: Relation between  $^{201}\text{Tl}$  to  $^{67}\text{Ga}$  uptake ratio and histological type in primary lung cancer. *Eur J Cancer & Clin Oncol* **21**: 925-930, 1985
- 2) Senga O, Miyakawa M, Shiota H, Makiuchi M, Yano K, Miyazawa M, et al: Comparison of Tl-201 chloride and Ga-67 citrate Scintigraphy in the diagnosis of thyroid tumor: Concise communication. *J Nucl Med* **23**: 225-228, 1982
- 3) Ancrì D, Basset JY: Diagnosis of cerebral metastases by thallium 201. *Brit J Radiol* **53**: 443-453, 1980
- 4) Kaplan WD, Takvorian T, Morris JH, Rumbaugh CL, Connolly BT: Thallium-201 brain tumor imaging: A comparative study with pathologic correlation. *J Nucl Med* **28**: 47-52, 1987
- 5) Black KL, Hawkins RA, Kim KT, Becker DP, Lerner C, Marciano D: Use of thallium-201 SPECT to quantitate malignancy grade of gliomas. *J Neurosurg* **71**: 342-346, 1989
- 6) Kosuda S, Fujii H, Aoki S, Suzuki K, Tanaka Y, Nakamura O, et al: Reassessment of quantitative thallium-201 brain SPECT for miscellaneous brain tumors. *Ann Nucl Med* **7**: 257-263, 1993
- 7) Togawa T: A new classification of lung cancer from a nucleomedical viewpoint using quantitative  $^{201}\text{Tl}$  and  $^{67}\text{Ga}$  scans in relation to histological type. *Fukushima J Med Sci* **30**: 39-61, 1984
- 8) Figlin RA, Piantadosi S, Feld R, The Lung Cancer Study Group: Intracranial recurrence of carcinoma after complete surgical resection of stage I, II, and III non-small-cell lung cancer. *N Engl J Med* **318**: 1300-1305, 1988
- 9) Russell EJ, Geremia GK, Johnson CE, Huckman MS, Ramsey RG, Washburn-Bleck J, et al: Multiple cerebral metastases: Detectability with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* **165**: 609-617, 1987
- 10) Fidler IJ, Hart IP: Principles of cancer biology: Cancer metastasis, *In* Devita VT, Hellman S, Rosenberg SA (eds), *Cancer*, JB Lippincott, Philadelphia, 1985, p. 118
- 11) Kim KT, Black KL, Marciano D, Mazziotta JC, Guze BH, Grafton S, et al: Thallium-201 SPECT imaging of brain tumors: Methods and results. *J Nucl Med* **31**: 965-969, 1990
- 12) 荒井正彦, 早川和重, 高橋健夫, 加藤真吾, 新部英男, 永井輝夫, 他: 脳腫瘍の放射線治療前後における  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{123}\text{I}$ -IMP-SPECT 像の検討. *核医学* **27**: 279-283, 1990
- 13) Carvalho PA, Schwartz RB, Alexander III A, Garada BM, Zimmerman RB, Loeffler JS, et al: Detection of recurrent gliomas with quantitative thallium-201/technetium 99m HMPAO single-photon emission computerized tomography. *J Neurosurg* **77**: 565-570, 1992
- 14) Oriuchi N, Tamura M, Shibasaki T, Ohye C, Watanabe N, Tateno M, et al: Clinical evaluation of thallium-201 SPECT in supratentorial gliomas: Relationship to histologic grade, prognosis and proliferative activities. *J Nucl Med* **34**: 2085-2089, 1993
- 15) Mountz JM, Raymond PA, McKeever PE, Modell JG, Hood TW, Barthel LK, et al: Specific localization of thallium 201 in human high-grade astrocytoma by microautoradiography. *Cancer Res* **49**: 4053-4056, 1989
- 16) Hoffman EJ, Huang SC, Phelps ME: Quantitation in positron emission tomography: I. Effect of object size. *J Comput Assist Tomogr* **3**: 299-308, 1979
- 17) 中嶋憲一, 久田欣一, 飯田泰治, 関 宏恭, 村守 朗: Single photon emission CT による陽性小病変の検出能: ファントムおよびシミュレーション実験による検討. *核医学* **24**: 397-405, 1987



## Summary

### **A Study on Thallium-201 SPECT in Brain Metastases of Lung Cancer: With Special Reference to Tumor Size and Tumor to Normal Brain Thallium Uptake Ratio**

Takashi TOGAWA\*, Nobuharu YUI\*, Fujimi KINOSHITA\*,  
Masamichi YANAGISAWA\* and Hiroki NAMBA\*\*

*\*Division of Nuclear Medicine,\*\*Division of Neurological Surgery, Chiba Cancer Center Hospital*

Thallium-201 brain SPECT was performed on 20 patients with brain metastases of lung cancer using a three-head rotating gamma camera and the effect of tumor size on tumor detectability and tumor to normal brain thallium uptake ratio (T/N ratio) was studied. Among 71 metastatic lesions, only 9 (22.5%) of 40 lesions of 13 mm diameter or below and 31 (100%) of 31 lesions of 14 mm diameter or above could be detected in this study. There was a significant correlation between T/N ratio and tumor size ( $r=0.75$ ,  $p<0.001$ ). The greater the metastatic lesion, the higher the T/N ratio. Even among the tumors in a single patient with multiple brain metastases, there was a significant lin-

ear correlation between tumor size and T/N ratio ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ). In this patient, T/N ratio varied by the tumor size and these differences in T/N ratios were thought to be based on the partial volume effect. However,  $T/N \cdot d$  which was a parameter corrected by tumor diameter ( $d$ ) showed a constant value regardless of tumor size. The present results showed that T/N ratio, which was usually believed to quantitate the malignancy grade of brain tumor, was affected by tumor size and that more accurate parameter could be obtained by the correction of T/N ratio by tumor size.

**Key words:** Brain tumor,  $^{201}\text{Tl}$  SPECT, Thallium index, Partial volume effect.