

## 《原 著》

 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT による正常平均脳血流像の作成

## ——解剖学的標準化による評価——

小山 真道\*    川島 隆太\*    伊藤 浩\*    小野 修一\*  
 佐藤 和則\*    後藤 了以\*    赤井澤 隆\*    吉岡 清郎\*  
 佐藤多智雄\*    福田 寛\*

**要旨**  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO 脳血流 SPECT の正常分布パターンを知るため、正常人における平均画像を作成し、その正常脳内 RI 分布パターンを voxel by voxel で解析した。

健常人 18 例を対象に、 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO による脳血流 SPECT を施行した。同日に撮像した X 線 CT とコンピュータ化脳図譜システム (Roland ら) を利用して、各人の SPECT 像を標準空間上の標準脳の形に移動変形した (解剖学的標準化)。これらの解剖学的標準化画像から平均像および標準偏差像を作成した。脳内 RI 濃度は全脳平均カウントにより補正した。

脳血流平均値像をみると、基底核領域、小脳、前頭葉で高集積値を示した。また、大脳皮質域の標準偏差が高値を示した。

$^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO 脳血流 SPECT の解剖学的標準化像は、各種の神経精神疾患群や個々の症例における脳血流分布異常の客観的評価に応用可能であると考えられた。

(核医学 32: 969-977, 1995)

## I. はじめに

$^{99m}\text{Tc}$ -hexamethyl propylene amine oxime ( $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO) は、脳血管障害<sup>1-3)</sup>、頭部外傷<sup>4)</sup>、脳腫瘍<sup>5)</sup>、てんかん<sup>6,7)</sup>、うつ病<sup>8)</sup>、精神分裂病<sup>9)</sup>、そして痴呆<sup>10-14)</sup>などの脳疾患における脳血流の評価に広く用いられている。これらの疾患において、局所脳血流を定性的に評価する際、正常な脳血流分布パターンとの比較が必要である。しかし、 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO の体内や脳内での代謝過程などは報告されているが<sup>15,16)</sup>、脳血流 SPECT 画像におい

て、正常な血流分布を客観的に明らかにした報告はない。本研究では、脳血流 PET を用いた activation study で一般的に使われている解剖学的標準化の手法を用いて、正常な脳血流 SPECT 放射能分布パターン画像を作成し、評価した。

## II. 対象と方法

## 1. 対 象

対象は、20～63 歳 (平均 40 歳) の健常志願者 18 例 (男性 14 例、女性 4 例) である。全例右利きで、神経学的異常は認められなかった。いずれも、脳血管障害の既往や高血圧、糖尿病、心疾患などを有さず、検査前および検査時に薬物は服用していなかった。全例に頭部 X 線 CT を施行し、異常を認めなかった。また、50 歳以上の群でも、脳萎縮は認められなかった。

\* 東北大学加齢医学研究所機能画像医学研究分野  
 受付：7 年 3 月 1 日  
 最終稿受付：7 年 6 月 29 日  
 別刷請求先：仙台市青葉区星陵町 4-1 (☎ 980-77)  
 東北大学加齢医学研究所  
 機能画像医学研究分野

小 山 真 道

**Table 1** Regional distribution of normalized radioactivities (mean  $\pm$  SD)

Regions	normalized radioactivities (count/voxel)				
	mean $\pm$ SD	CV			
Brain stem					
pons	106.2 $\pm$ 12.3	0.116			
midbrain	110.8 $\pm$ 12.5	0.124			
Cerebellum					
vermis	140.0 $\pm$ 10.9	0.078			
rt hemisphere	129.2 $\pm$ 13.7	0.106	lt hemisphere	133.9 $\pm$ 12.5	0.093
Caudate					
rt	133.6 $\pm$ 11.1	0.083	lt	124.2 $\pm$ 13.5	0.109
Putamen					
rt	142.9 $\pm$ 14.4	0.100	lt	142.4 $\pm$ 13.5	0.095
Thalamus					
rt	124.7 $\pm$ 12.8	0.103	lt	125.8 $\pm$ 13.5	0.107
Temporal					
rt			lt		
hippocampus	117.0 $\pm$ 13.7	0.117		103.9 $\pm$ 13.0	0.125
sup temp gy	127.8 $\pm$ 10.8	0.085		125.0 $\pm$ 12.6	0.100
mid temp gy	124.6 $\pm$ 11.1	0.089		118.4 $\pm$ 11.9	0.101
inf temp gy	117.7 $\pm$ 10.8	0.092		113.3 $\pm$ 13.6	0.120
Cingulate					
rt	112.8 $\pm$ 14.5	0.129	lt	113.2 $\pm$ 15.7	0.139
Frontal					
rt			lt		
sup fr gy	123.3 $\pm$ 10.6	0.086		116.6 $\pm$ 15.4	0.132
mid fr gy	129.8 $\pm$ 13.0	0.100		126.2 $\pm$ 13.8	0.110
inf fr gy	119.0 $\pm$ 10.9	0.092		121.6 $\pm$ 11.9	0.098
precentral	123.7 $\pm$ 14.2	0.115		124.5 $\pm$ 13.9	0.112
Parietal					
rt postcentral	107.2 $\pm$ 15.5	0.144	lt	111.0 $\pm$ 12.9	0.116
Occipital					
rt			lt		
cuneus	127.6 $\pm$ 13.3	0.104		134.6 $\pm$ 13.6	0.101
post occ area	112.5 $\pm$ 19.5	0.173		110.7 $\pm$ 20.1	0.182
lat occ area	102.7 $\pm$ 17.5	0.170		112.1 $\pm$ 15.1	0.135
Semioval center					
rt	91.8 $\pm$ 10.9	0.119	lt	93.1 $\pm$ 10.7	0.115

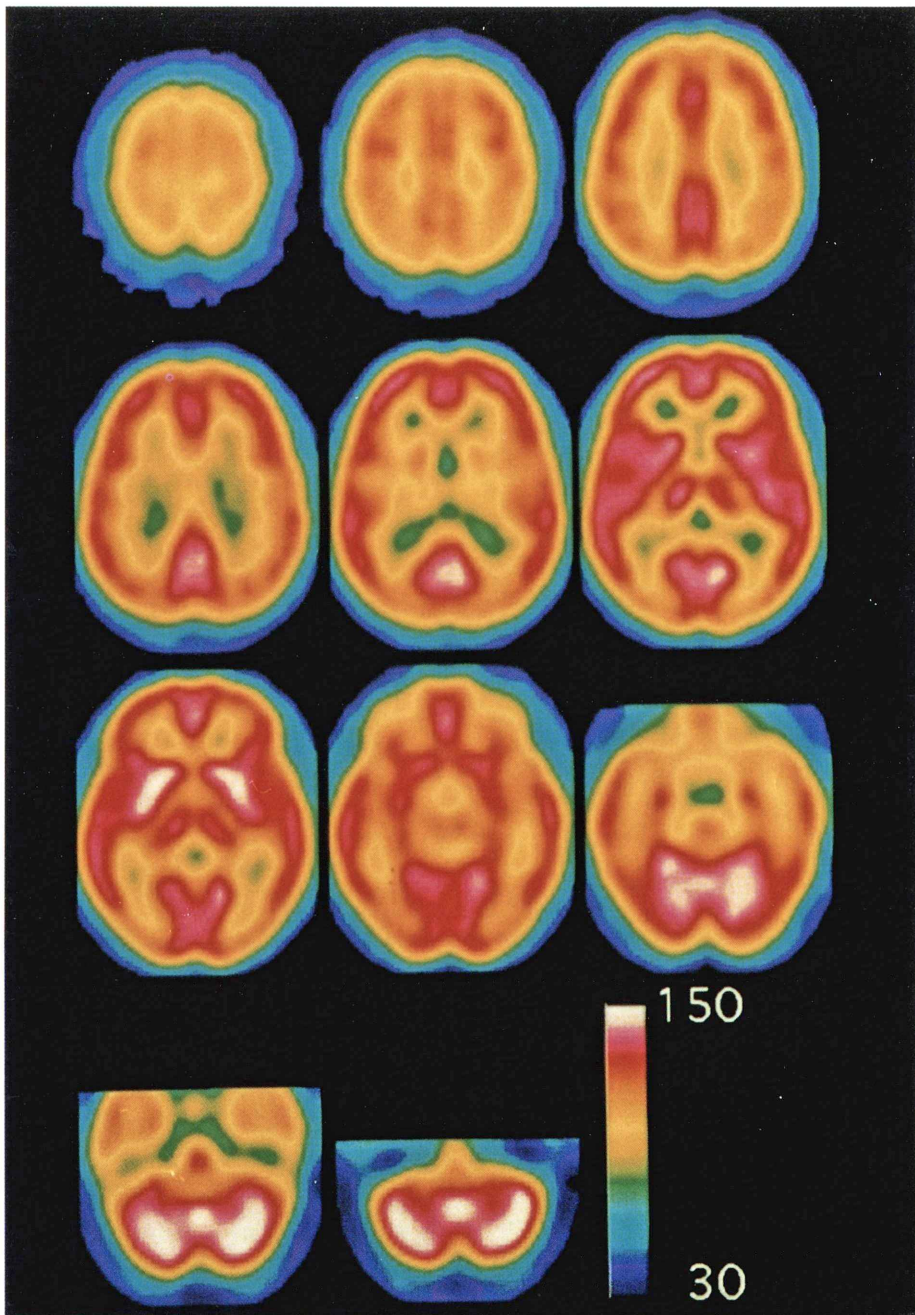
\* Mean global count was assumed to be 100 count/voxel.

SD: standard deviation, CV: coefficient of variation, rt: right, lt: left, sup: superior, mid: middle, inf: inferior, temp: temporal, fr: frontal, occ: occipital, gy: gyrus

## 2. 方 法

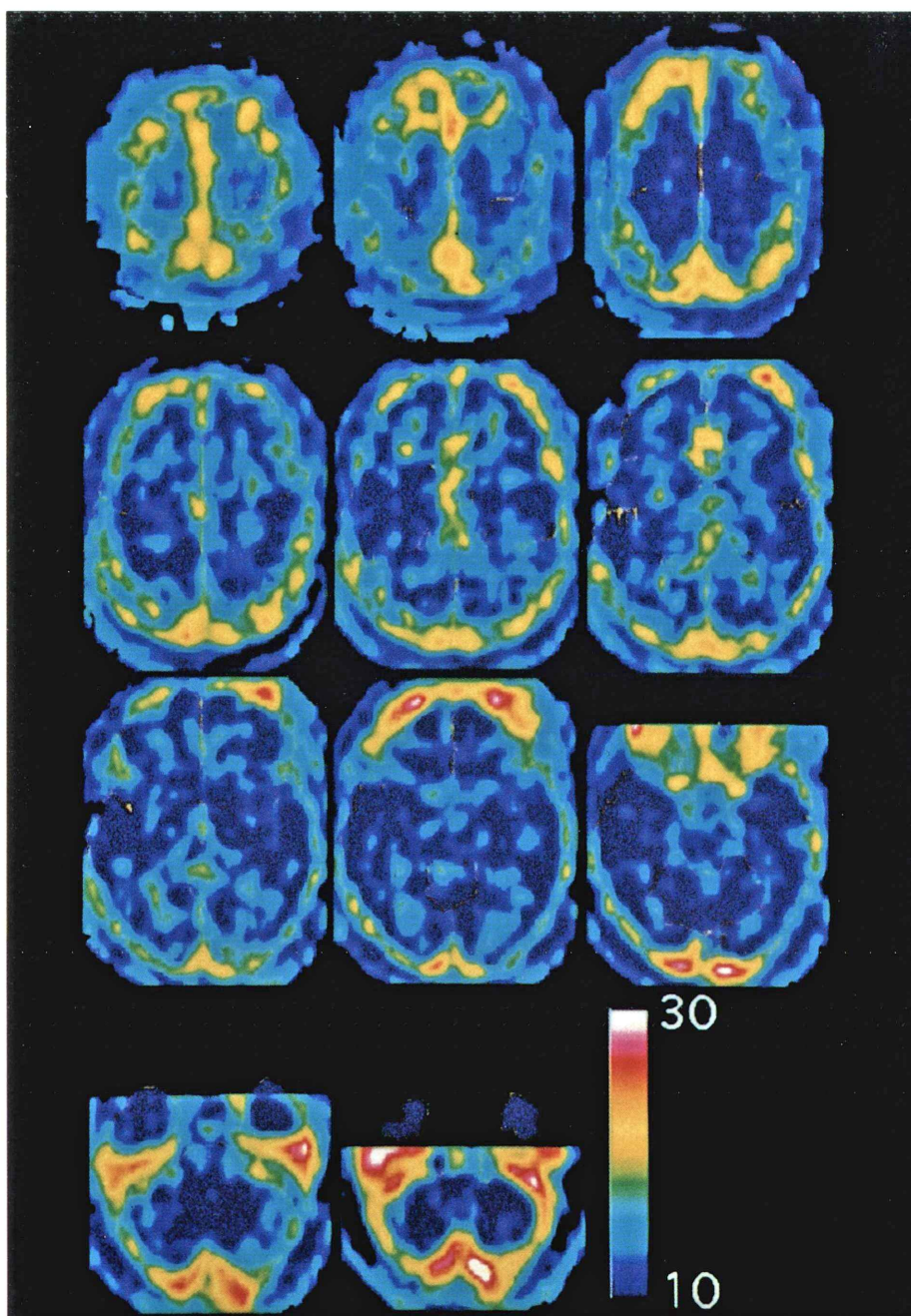
脳血流 SPECT の放射性医薬品としては、 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO (Ceretec<sup>TM</sup>, Amersham International) 平均  $1003 \pm 55$  (標準偏差) MBq を肘静脈より静注した。静注 5~10 分後より SPECT 撮像を開始した。使用した SPECT 装置は、4 ヘッドの回転型ガンマカメラ (日立メディコ SPECT 2000H) であ

り、低エネルギー高分解型コリメータを使用した (空間分解能: 8 mm FWHM (full width at half maximum))。静注時、被験者を閉眼、安静、臥床とした。データ収集は、360°, 64 方向、1 方向あたり合計 80 秒かけて、64  $\times$  64 マトリックスで行った。画像再構成は、filtered back projection 法によって行い、前処理フィルターとして Butterworth filter (次数 12, cut off 0.25 cycle/pixel) を用



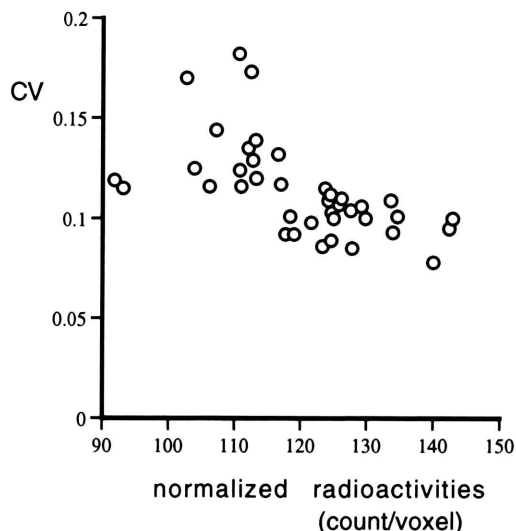
**Fig. 1** Mean images of anatomically standardized  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT. All SPECT images were globally normalized to 100 count/voxel. All images were thresholded at the upper and lower limit of 150 and 30 count/voxel, respectively. All slices are parallel to the horizontal plane through the anterior and posterior commissure. Left side of the brain is right in the figures. Note the high activity in the cerebellum and the basal ganglia.





**Fig. 2** Standard deviation (SD) images of anatomically standardized  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT. Format is the same as Figure 1. The brain surface, ventricles and cerebral sulci were retrieved from the data base of the HBA program<sup>18)</sup>. All images were thresholded at the upper and lower limits of 30 and 10 count/voxel, respectively. Note the relatively higher SD in the occipital lobe, the parietal lobe, the putamen, and the thalamus.

い、画像再構成に Ramachandran filter を用いた。再構成画像の吸収補正は、頭部を均一な楕円形の吸収体と仮定して行った<sup>17)</sup>。スライスは、眼窩外



**Fig. 3** Scatter plots of the correlation between normalized radioactivities and coefficient of variation (CV) in each ROI, demonstrating lower CV values in high flow regions.

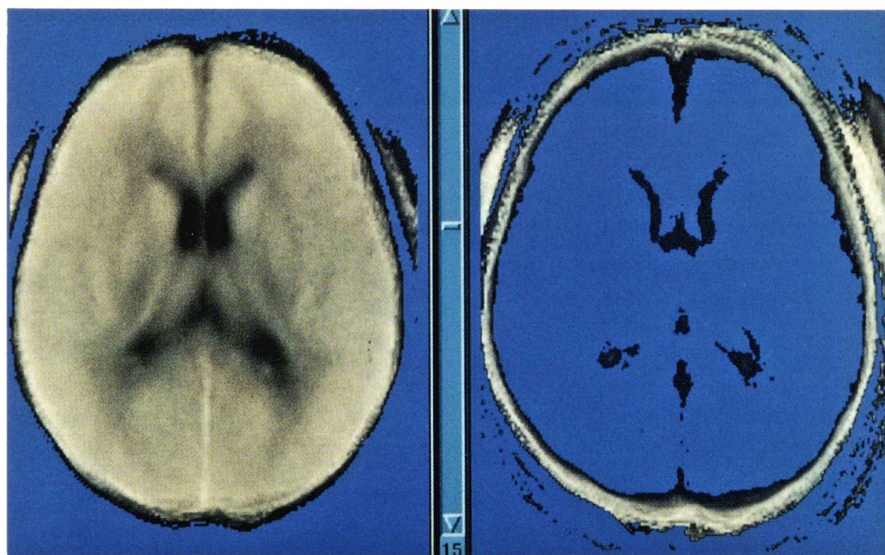
耳道線 (orbitomeatal line: OM line) に平行にスライス間隔 8 mm で作成した。

また、SPECT 撮像と同じ OM line を基準として、頭部 X 線 CT を同日に撮影した。SPECT、X 線 CT のスライス位置を同一にするため、SPECT 装置の 3 次元レーザービームを指標に、被験者の顔面に基準面を直接描写した。X 線 CT の撮影時に、この顔面上に直接描写した基準面に、X 線 CT 装置の 3 次元レーザービームが一致するようにガントリーの角度を調節し、同じスライス面を再現した。

### 3. データ解析

SPECT 画像は、Roland ら<sup>18)</sup> によって開発されたコンピュータ化脳図譜システム (human brain atlas system (HBA)) を利用して、以下のように解析した。

(1) 各被験者の X 線 CT 像に、HBA の標準脳をフィットさせるための、線形・非線形のパラメータを計算した。このとき、リファレンスとして、標準脳の脳大・小脳の輪郭、脳室、中心溝、外側溝を利用した。X 線 CT 像の輪郭などを合わ



**Fig. 4** Examples of horizontal section of mean (left side) and SD (right side) image of the anatomically standardized X-CT of 18 subjects. Section of the brain is 15 mm above the AC-PC line. Left side of the brain is right in the figures.



せるときには、水平断面像のほか、矢状断面像、冠状断面像も参照した。X 線 CT は、水平断面 10 mm スライスで撮影しており、矢状断面像と冠状断面像は再構成した。

(2) 得られたパラメータを利用して、SPECT 像を標準空間上の標準脳の形態に変形した。標準空間座標系として、本システムは Talairach の座標系<sup>19)</sup>を使用している。この変形により、脳の大きさ、形の個人差が補正され、各個人の脳画像は同じ 3 次元位置に同じ大きさ、形として表現される。

(3) SPECT 像を、全脳の平均カウントが 100 count/voxel となるように標準化した。

(4) 各被験者の解剖学的に標準化された SPECT 像から、平均値画像および標準偏差画像を voxel by voxel で計算した。

(5) 脳の各部位での RI 集積傾向を、従来、報告されている PET での rCBF の傾向<sup>20,21)</sup>と比較するため、関心領域 (region of interest, ROI) 解析を行った。まず、コンピュータ化脳図譜システムの標準脳の MRI 像において Table 1 に示す ROI を作成した。次に、同一スライスの解剖学的標準化 SPECT 像上に ROI を再現し、その部分の平均放射能濃度を算出した。

(6) 解剖学的標準化の正確さを評価するために各被験者の X 線 CT 像を SPECT 像と同様に HBA にて解剖学的に標準化した。そして、HBA を用いた解剖学的標準化の正確さを評価するために、各被験者の解剖学的標準化後の X 線 CT 画像において、大脳の輪郭、中心溝、外側溝、頭頂後頭溝の空間位置のズレを評価した。

### III. 結 果

Fig. 1 に <sup>99m</sup>Tc-HMPAO による脳血流 SPECT の平均値画像を示す。Fig. 2 には、標準偏差画像を示す。平均値画像をみると、集積の高い部位は、基底核、小脳、前頭葉、一次視覚野、帯状回であった。偏差の大きく見られた部位は、後頭葉、頭頂葉、前頭葉、被殻、視床であった。

Table 1 に、全脳の平均カウントを 100 count/

**Table 2** Anatomical variance in 18 subjects of structures in reformatted X-ray CT pictures of the brain

Structure	Right hemisphere	Left hemisphere
contour (frontal pole)	2.0	2.7
contour (occipital pole)	3.3	3.2
contour (lateral pole)	1.1	1.2
central sulcus	4.5	2.9
lateral sulcus	2.5	3.5
parieto-occipital sulcus	2.7	3.5

All values are shown as the standard deviation (mm) in 18 subjects.

voxel としたときの、ROI 解析により求めた脳内各部位の平均標準化放射能濃度を示す。被殻、尾状核で左右小脳半球よりも高い放射能濃度がみられた。

Fig. 3 に、Table 1 に示した各 ROI における平均標準化放射能濃度と変動係数の関係を示す。高血流領域ほど、変動係数が低くなる傾向が認められた。

Fig. 4 に、SPECT 像を解剖学的に標準化したのと、同一のパラメータで標準化した、各被験者の X 線 CT 画像の平均値画像、標準偏差画像を示す。

X 線 CT 画像の解剖学的標準化後の、解剖学的構築の空間位置のズレを Table 2 に示す。大脳の輪郭は、前後方向で約 2, 3 mm, 左右方向で約 1 mm, 主要な脳溝では約 3 mm の標準偏差が認められた。

## IV. 考 察

### i) 解剖学的標準化

<sup>99m</sup>Tc-HMPAO SPECT は、通常臨床では定性画像が撮像され、全脳<sup>22)</sup>、全スライス<sup>23)</sup>、小脳<sup>24)</sup>、あるいは健常側大脳半球<sup>3)</sup>を対照として、ROI 解析を行うことが主流であった。しかし、この ROI 解析には多くの限界がある。ROI が再現性に欠ける可能性、決められた部位が機能的・解剖学的に脳の厳密な部位に対応しない、すなわち 1 つの ROI の中に異なった多くの機能領域を含んでしまう可能性などである。また、ROI の手での描写は、

観察者ごとの誤差を含め大きな系統的誤差を生じる可能性がある<sup>25)</sup>。

このように ROI 解析では満足な解析ができないことも多く、voxel by voxel で解析ができるようなシステムの必要性が指摘されていた<sup>26)</sup>。

$^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO 脳血流 SPECT の解剖学的な平均化 (標準化) は、近年 Alexander S. Houston らにより行われた<sup>26)</sup>。彼らは、SPECT で得られた脳血流像を小脳をリファレンスとして、SPECT 像のみによりカウントの標準化を行い、voxel を変数として分析している。しかしながら、X 線 CT など形態画像に基づく解剖学的標準化は、行われていない。したがって、同じ空間的位置にある voxel のデータが、各被験者の異なった解剖学的構築によりもたらされる危険性がある。

今回開発した HBA を利用したシステムは、これらの点を解決しており、診療や研究により有用であると思われる。

本研究では、X 線 CT と SPECT の異なる 2 種類の装置で被験者の脳画像を描像した。頭部専用 SPECT 装置では、X 線 CT 装置と共用できる特殊な頭部固定装置は使用できないため、同じスライス面を再現するために、被験者の顔面に 3 次元レーザービームによる断面の指標を直接描写した。本法では、両装置間でのスライス断面のわずかな誤差は生じ得るが、SPECT の分解能以下であると考えられる。

X 線 CT 像による中心溝の同定は、若年者では困難な例もあったが、そのような例では複数の放射線診断医による検討により同定した。

解剖学的標準化 X 線 CT 像の平均画像 (Fig. 4) をみると、前頭部と後頭部において、被験者間での脳輪郭のばらつきが認められる。

HBA の解剖学的標準化の正確さに関する評価はすでに Roland らが報告している<sup>18)</sup>。彼らの方法は正常被験者の 3 次元収集した MRI 画像を HBA にて解剖学的に標準化し、各解剖学的構築の空間位置のズレを評価したものだが、すべての構築は標準偏差で数 mm 以内の精度で標準化されている。今回の研究ではわれわれは、正常被験者

の X 線 CT 画像を用いて標準化を行ったため、その精度は 3 次元収集した MRI 画像をもとに行った場合よりも、劣る部分 (右側中心溝) もあるが、そのほかはほぼ同様であり、SPECT の解像度を考慮すると、SPECT 平均画像には大きな影響は与えないと考える。

一方、解剖学的標準化の問題点として挙げられるのは、高齢者の脳では、脳萎縮などのため、比較的若年者の脳を基準とする解剖学的標準化では、誤差の生じる可能性である。本研究では、50 歳以上の比較的高齢者も含まれているが、いずれも脳萎縮はなかった。

#### ii) $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO の脳集積の平均値像

つぎに、各部位での集積パターンについてであるが、本研究では、20 歳から 63 歳まで共通して小脳に高血流がみられ、偏差は少なかった。全脳平均カウントを 100 としたときの、小脳カウントは約 130 であった。この値は、PET で測定された絶対値<sup>21)</sup>を基準としたときは 112 であり、SPECT での小脳の相対的血流量は過大評価されている。

$^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT での小脳の高血流および小脳血流量の過大評価については、過去に報告がみられる。小脳血流量の過大評価は、小脳毛細血管床が脳より多いことによるという報告<sup>21)</sup>がある。一方、ラットにおける  $^{99m}\text{Tc}$ -d, l-HMPAO オートラジオグラフィでは小脳の高血流が否定的とされていること<sup>27)</sup>から、 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO での脳血流の小脳血流過大評価は、真の脳血流を反映しているのではなく、むしろトレーサそのものの生化学的性質に起因するものと考えられている<sup>28)</sup>。

また、本研究では、被殻、尾状核に相対的な高血流がみられたが、Syed らによっても尾状核での高血流が報告されている<sup>9)</sup>。

#### iii) $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO の脳集積の標準偏差像

偏差の大きく見られたところは、後頭葉、頭頂葉、前頭葉、被殻、視床であった。被殻のように、平均値が高い部位では偏差も高くなる可能性がある。一方、後頭葉楔状部以外の後頭葉や、頭頂葉のように、平均値が高なくても偏差が高い部位が認められた。このような領野は、RI 集積



の個人差が大きく、読影の際に注意が必要であることが示唆される。

Fig. 3 をみると、高血流域で、変動係数が低くなる傾向が認められるが、これは、HMPAO SPECT が高血流域を低めに評価すると考えることで、解釈可能と思われる。

## V. 結 語

解剖学的標準化により  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO 脳血流 SPECT の正常画像を作成した。平均値と標準偏差が示されているので、血流の絶対値でなくとも、個々の症例が、どれだけ平均値と差をもっているか検定可能となった。将来的には、各種の脳疾患診断・評価に、また、SPECT による activation study に応用可能と思われる。

謝辞：本研究は、文部科学研究費補助金一般研究 (B) No. 05454297 の援助を受けた。

菅原康博氏の技術的協力に感謝する。

## 文 献

- Ishimura J, Fukuchi M: Clinical application of 3-dimensional surface display in brain imaging with Tc-99m HMPAO. *Clin Nucl Med* **16**: 343-351, 1991
- Oku N, Matsumoto M, Hashikawa K, Moriaki H, Okazaki Y, Seike Y, et al: Carbon dioxide reactivity by consecutive Technetium-99m-HMPAO SPECT in patients with a chronically obstructed major cerebral artery. *J Nucl Med* **35**: 32-40, 1994
- Shimosegawa E, Hatazawa J, Inugami A, Fujita H, Ogawa T, Aizawa Y, et al: Cerebral infarction within six hours of onset: prediction of completed infarction with Technetium-99m-HMPAO SPECT. *J Nucl Med* **35**: 1097-1103, 1994
- Ichise M, Chung DG, Wang P, Wortzman G, Gray BG, Franks W: Technetium-99m-HMPAO SPECT, CT and MRI in the evaluation of patients with chronic traumatic brain injury: a correlation with neuropsychological performance. *J Nucl Med* **35**: 217-226, 1994
- Suess E, Malessa S, Ungersbock K, Kitz P, Podreka I, Heimberger K, et al: Technetium-99m-d,l-Hexamethylpropyleneamine Oxime (HMPAO) uptake and glutathione content in brain tumors. *J Nucl Med* **32**: 1675-1681, 1991
- Podreka I, Suess G, Goldenberg G, Steiner M, Brucke T, Muller CH, et al: Initial experience with Technetium-99m-HMPAO brain SPECT. *J Nucl Med* **28**: 1657-1666, 1987
- Tatum WO, Alavi A, Stecker MM: Technetium-99m-HMPAO SPECT in partial status epilepticus. *J Nucl Med* **35**: 1087-1094, 1994
- Mayberg HS, Lewis PJ, Regenold W, Wagner HN Jr: Paralimbic hypoperfusion in unipolar depression. *J Nucl Med* **35**: 929-934, 1994
- Syed GMS, Eagger S, Toone BK, Levy R, Barrett JJ: Quantification of regional cerebral blood flow (rCBF) Using  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO and SPECT: choice of the reference region. *Nucl Med Comm* **13**: 811-816, 1992
- Momose T, Kosaka N, Nishikawa J, Ohtake T, Watanabe T, Iio M: A new method for brain functional study using Technetium-99m HMPAO SPECT. *Radiation Medicine* **7** (2): 82-87, 1989
- Gammel HG, Evans NTS, Besson JAO, Roeda D, Davidson J, Dodd MG: Regional cerebral blood flow imaging: A quantitative comparison of Technetium-99m-HMPAO SPECT with  $\text{C}^{15}\text{O}_2$  PET. *J Nucl Med* **31**: 1595-1600, 1990
- Testa HJ, Snowden JS, Neary D, Shields RA, Burjan AWI, Prescott MC, et al: The use of [ $^{99m}\text{Tc}$ ]-HM-PAO in the diagnosis of primary degenerative dementia. *J Cereb Blood Flow Metab* **8**: S123-S126, 1988
- Johnson KA, Kijewski MF, Becker JA, Garada B, Satlin A, Holman BL: Quantitative brain SPECT in Alzheimer's disease and normal aging. *J Nucl Med* **34**: 2044-2048, 1993
- Holman BL, Johnson KA, Garada B, Carvalho PA, Satlin A: The scintigraphic appearance of Alzheimer's disease: A prospective study using Technetium-99m-HMPAO SPECT. *J Nucl Med* **33**: 181-185, 1992
- Sharp PF, Smith FW, Gemmell HG, Lyall D, Evans NTS, Gvozdanovic D, et al: Technetium-99m HMPAO stereoisomers as potential agents for imaging regional cerebral blood flow: Human volunteer studies. *J Nucl Med* **27**: 171-177, 1986
- Pubi A, De Cristofaso MTR, Bacciottini L, Antonucci D, Formiconi AR, Mascalchi M, et al: An analysis of the arterial input curve for Technetium-99m-HMPAO: Quantification of rCBF using single-photon emission computed tomography. *J Nucl Med* **32**: 1501-1506, 1991
- Chang LT: A method for attenuation correction in radionuclide computed tomography. *IEEE Trans Nucl Sci* **NS-25** (1): 638-643, 1978
- Roland PE, Graufelds CJ, Wahlin J, Ingelman L, Andersson M, Ledberg A, et al: Human Brain Atlas: For high-resolution functional and anatomical mapping. *Human Brain Mapping* **1**: 173-184, 1994
- Talairach J, Tournoux P: Co-Planar Stereotaxic Atlas



- of the Human Brain, translated by Rayport M, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1988
- 20) Yamaguchi T, Kanno I, Uemura K, Shishido F, Inugami A, Ogawa T, et al: Reduction in regional cerebral metabolic rate of oxygen during human aging. *Stroke* **17** (6): 1220–1228, 1986
- 21) Heiss WD, Herholz D, Podreka I, Neubauer I, Pietrzyk U: Comparison of [ $^{99m}\text{Tc}$ ]HMPAO SPECT with [ $^{18}\text{F}$ ] fluoromethane PET in cerebrovascular disease. *J Cereb Blood Flow Metab* **10**: 687–697, 1990
- 22) Crosson B, Williamson DJG, Shukla SS, Honeyman JC, Nadeau SE: A technique to localize activation in the human brain with Technetium-99m-HMPAO SPECT: A validation study using visual stimulation. *J Nucl Med* **35**: 755–763, 1994
- 23) Ebmeier KP, Murray CL, Dougall NJ, O'Carroll RE, Goodwin GM: Unilateral voluntary hand movement and regional cerebral uptake of Technetium-99m-Exametazine in human control subjects. *J Nucl Med* **33**: 1623–1627, 1992
- 24) Gemmel HG, Evans NTS, Besson JAO, Roeda D, Davidson J, Dodd MG, et al: Regional cerebral blood flow imaging: A quantitative comparison of Technetium-99m-HMPAO SPECT with  $\text{C}^{15}\text{O}_2$  PET. *J Nucl Med* **31**: 1595–1600, 1990
- 25) Hooper HR, McEwan AJ, Lentle BC, Kotchon TL, Hooper PM: Interactive three-dimensional region of interest analysis of HMPAO SPECT brain studies. *J Nucl Med* **31**: 2046–2051, 1990
- 26) Houston AS, Kemp PM, Macleod MA: A method for assessing the significance of abnormalities in HMPAO brain SPECT images. *J Nucl Med* **35**: 239–244, 1994
- 27) Hoffman TJ, McKenzie EH, Volkert WA, Holmes RA: Is Tc-99m-d,l-hexamethyl-propylene amine oxime (Tc-99m-HM-PAO) an indicator of rCBF? *J Cereb Blood Flow Metab* **7** (suppl 1): S536, 1987
- 28) 井坂吉成, 飯地 理, 今泉昌利, 芦田敬一, 糸井良仁:  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT による局所脳血流量測定を試み:  $^{133}\text{Xe}$  全脳血流量の併用. *核医学* **29**: 1463–1473, 1992

## Summary

### Normal Cerebral Perfusion of $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO Brain SPECT —Evaluation by an Anatomical Standardization Technique—

Masamichi KOYAMA, Ryuta KAWASHIMA, Hiroshi ITO, Shuichi ONO,  
Kazunori SATO, Ryoui GOTO, Takashi AKAIZAWA, Seiro YOSHIOKA,  
Tachio SATO and Hiroshi FUKUDA

*Department of Nuclear Medicine and Radiology, Institute of Development, Aging & Cancer, Tohoku University*

Single photon labeled tracer  $^{99m}\text{Tc}$ -hexamethyl-propylene amine oxime (HMPAO) has been used for rCBF studies by SPECT. However, normal perfusion pattern of this agent still remains unclear. The purpose of this study was to investigate normal  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT image voxel by voxel.

Eighteen male subjects without any prior or present history of medical illness participated in this study. All SPECT images were globally normalized to 100 count/voxel. Each subject had an X-ray CT scan at the same day of SPECT measurement. All subjects had normal X-ray CT scans.

The standard anatomical structures of the computerized brain atlas of Roland et al. were fitted to X-ray CT images of a subject by linear and non-linear parameters. These parameters were subsequently used to

transform SPECT images of the subject. After the anatomical standardization, mean and SD images of eight standardized images were calculated voxel-by-voxel basis.

In the mean image, following structures showed relatively higher radioactivity; the putamen, the cerebellum, and the frontal lobe. In addition, the occipital lobe, parietal lobe, frontal lobe, and the putamen showed large degree of SD.

Anatomical standardization of SPECT images may be useful as a reference to diagnose and evaluate various brain disorders.

**Key words:**  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO, SPECT, Anatomical standardization, Cerebral blood flow (CBF), Voxel by voxel.