

《原 著》

全脳血流量と脳血流トレーサを用いた局所脳血流量測定： 健常例における ^{123}I -IMP および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT 脳血流量比較

井坂 吉成^{*,**} 今泉 昌利^{**} 蘆田 敬一^{**} 大江 洋介^{**}
岡本 昌也^{**} 阿部 亨^{**} 田中 清次^{*}

要旨 健常例 9 例において、 ^{133}Xe 全脳平均血流量測定後 ^{123}I -IMP あるいは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO を静注し SPECT 局所脳血流量イメージングを 2 度行い、脳 20 関心領域において局所脳血流量を比較した。IMP 局所脳血流量は、HMPAO と比較して、線条体にて有意に低かった。逆に HMPAO 局所脳血流量は前葉頭、右後頭葉などの皮質灰白質高血流部で IMP 局所脳血流量よりも有意に低く、小脳、白質で有意に高かった。IMP 脳血流量、HMPAO 脳血流量の相関は皮質灰白質 ($r_s=0.761$; $p<0.001$)、白質 ($r_s=0.739$; $p<0.001$)、小脳 ($r_s=0.731$; $p<0.001$) において高かったが、線条体 ($r_s=0.58$; $p<0.05$)、視床 ($r_s=0.628$; $p<0.01$) では前 3 者と比較して低かった。高血流部におけるトレーサの逆拡散により HMPAO イメージは IMP と比較してコントラストが低下すると考えられるが、この仮説のみでは IMP と HMPAO の脳取り込み程度の違いをすべて説明することはできない。IMP-SPECT と HMPAO-SPECT は主として脳血流分布を反映するが、両者の局所血流分布の乖離にはトレーサの特性に加えて脳局所因子が関係していると考えられた。

(核医学 31: 423-429, 1994)

I. はじめに

N-isopropyl-p-[^{123}I]iodoamphetamine (^{123}I -IMP) および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hexamethyl-propyleneamine oxime ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO) はシングルフォトンエミッション CT (SPECT) による局所脳血流イメージングに適した放射性医薬品である。これらのトレーサは種々の脳疾患において広く臨床使用され、その病態把握の有用性が立証されている^{1,2)}。

脳血流 SPECT 画像評価では、定性的に IMP

イメージのほうが HMPAO イメージよりも高血流部と低血流部のコントラストにすぐれるという報告がなされているが³⁾、定量的には IMP と HMPAO の線条体における相対的集積が検討されているにすぎず⁴⁾、脳血流絶対値に関する報告はない。本研究では xenon-133 (^{133}Xe) 脳血流量 (CBF) を標準として IMP と HMPAO の局所脳血流量を健常例において比較した。

II. 対象および方法

1. 対 象

健常志願者 9 例を対象とした。男性 6 例、女性 3 例、平均年齢は 50.1 歳 (38~64 歳) であった。全例について X 線 CT で皮質病変と広範な脳室周囲低信号域のないことを確認した。志願者は当院職員およびその知人から募った。検査の目的について十分説明し、承諾を口頭で全例から得た。

* 国立大阪病院画像診断部

** 同 総合内科

受付: 5 年 10 月 12 日

最終稿受付: 6 年 1 月 28 日

別刷請求先: 大阪市中央区法円坂 2-1-14 (☎ 540)

国立大阪病院画像診断部

井坂 吉成

2. 方 法

脳血流量は、Obrist の方法⁵⁾に従ってヘルメット型 32 検出器システム (BF-1400, Valmet) により、¹³³Xe 静注法によって測定した。肘静脈に留置した 21 ゲージカニューレから安静閉眼時に 370 MBq (10 mCi) の ¹³³Xe 生理食塩水を静注後、10 分間頭部の洗い出し放射能と呼吸ガス放射能を測定し、頭部カーブを出力関数、呼吸カーブを入力関数として 2 コンパートメントモデルにより脳皮質血流量 (F_i) および脳白質血流量 (F_s)、灰白質相対重量 (W_g) を測定した。

脳血流量測定終了後、ただちに ¹²³I-IMP (111 MBq) または ^{99m}Tc-HMPAO (740 MBq) を生理食塩水 20 ml でフラッシュして静注した。SPECT 撮像は回転型ガンマカメラ装置 (東芝 GCA 901A: full width at half maximum 18 mm) に低エネルギー汎用型コリメータをつけ、IMP では静注 15 分後、HMPAO では 5 分後から開始した。データは 360 度 60 方向、1 方向あたり 20 秒かけて 128×128 マトリックスにて収集した。スライス厚 1.08 cm (4 ピクセル) で外眼角と外耳孔に置いた点線源を用いて orbitomeatal line (OML) に平行に SPECT を作成した、OML により IMP 像と HMPAO 像間のスライスができるだけ一致するように位置決めを行った。画像再構成は Ramp filter および Chang 法を用いた。吸収補正係数は、従来より一般的に用いられてきた値、IMP にて 0.045 cm^{-1} 、HMPAO にて 0.095 cm^{-1} を選択した。

IMP, HMPAO 検査についてそれぞれ少なくとも 1 か月以上の間隔をあけて局所脳血流量を測定した。IMP を先行したのが 6 例、HMPAO を先行したのが 3 例であった。

3. データ解析

局所脳血流量は既報^{6,7)}に従って、^{99m}Tc あるいは ¹²³I 大脳平均カウント (C_r) と大脳平均血流量 (average flow, F_a) を求め、下記の式により脳血流量 SPECT を作成し測定した。

$$F_i = F_a \cdot (C_i / C_r) \quad (1)$$

(C_i =局所 ¹²³I あるいは ^{99m}Tc カウント, F_i =局所脳血流量)

F_a は、¹³³Xe クリアランス法で測定した F_i と F_s , W_g から、

$$F_a = F_i \cdot W_g + F_s \cdot (1 - W_g) \quad (2)$$

式により算出した。 C_r (カウント/ピクセル) は SPECT の視床、基底核スライス (OML + 5 cm ~ OML + 6 cm) を含む上方 4 スライスについて脳外輪郭を抽出後 (最大値の 30~100%), 総カウントを脳総ピクセルで除して求めた。本法で求めた脳血流量の、¹³³Xe 脳血流量との相関は大脳半球で $r_s = 0.993$ ($n = 38$)⁶⁾, 局所脳血流量の再現性は coefficient of variation (CV) 7~13% ($n = 12$), 皮質梗塞 ($n = 13$) における局所脳血流量は梗塞中心部で $19.2 \pm 6.6\text{ ml}/100\text{ g}/\text{min}$ (mean ± standard deviation [SD]), 対側で $31.1 \pm 5\text{ ml}/100\text{ g}/\text{min}$ である⁷⁾。

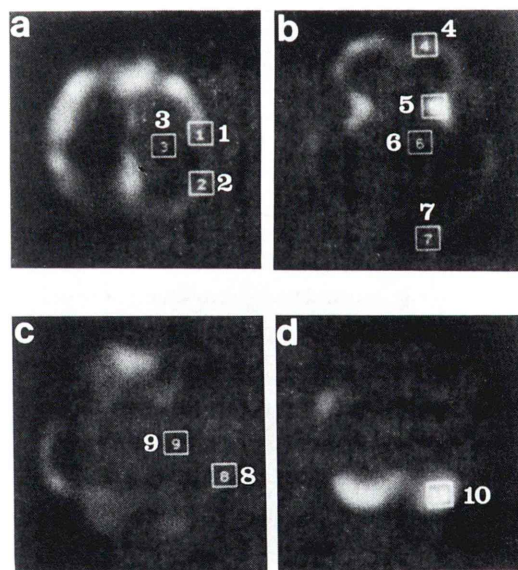


Fig. 1 Regions of interest for CBF quantification. (a)=OML + 8 cm, (b)=OML + 6 cm, (c)=OML + 4 cm, and (d)=OML + 2 cm. 1=central, 2=parietal, 3=centrum semiovale, 4=frontal, 5=striatum, 6=thalamus, 7=occipital, 8=temporal, 9=hippocampus, and 10=cerebellum. Only the ROIs on left hemisphere are indicated.

CBF-SPECT において小脳 (OML +2~3 cm), 側頭葉, 海馬 (OML +3~4 cm), 前頭葉, 線条体, 視床, 後頭葉 (OML +5~6 cm), 中心小葉, 頭頂葉, 半卵円中心 (白質) (OML +8~9 cm) の左右両側に 2.7×2.7 cm (10×10 ピクセル) の関心領域を合計 20 箇所設定し局所脳血流量を測定した (Fig. 1).

4. 統計解析

結果は mean \pm SD で示した. IMP 脳血流量と HMPAO 脳血流量の相関は Spearman's rank correlation (r_s) で検定した. 同一トレーサにおける局所脳血流量の母平均値は一元配置分散分析で比較した. IMP 脳血流量と HMPAO 脳血流量は対応のある t-検定で比較した. いずれの検定においても $p < 0.05$ を有意とした.

III. 結 果

IMP-CBF および HMPAO-CBF 値を Table 1A (左半球) および Table 1B (右半球) に示す. 中心小葉, 頭頂葉, 側頭葉, 海馬, 視床においては脳血流量に有意差を認めなかった. 右後頭葉において HMPAO-CBF は IMP-CBF よりも有意に低かった ($p < 0.05$). 前頭葉においても両側性に HMPAO-CBF は IMP-CBF よりも有意に低かった ($p < 0.05$). 逆に線条体, 半卵円中心, 小脳においては IMP-CBF は有意に HMPAO-CBF よりも低かった. P 値は, 線条体で < 0.02 あるいは < 0.05 , 半卵円中心で < 0.05 あるいは < 0.01 , 小脳で両側性に $p < 0.005$ であり, 小脳血流量の較差が IMP-CBF, HMPAO-CBF 比較で最も大きかった. 半球 10 箇所間の F 値 (9, 80) は, 左大脳半球において IMP-CBF が 28.5 ($p = 1.8 \times 10^{-21}$), HMPAO-CBF が 37.6 ($p = 3.6 \times 10^{-25}$) であり, HMPAO のほうが IMP と比較して高かった. 右大脳半球においても同様の傾向であり, F 値は IMP にて 27.3 ($p = 6.5 \times 10^{-21}$), HMPAO にて 35.1 ($p = 3.3 \times 10^{-24}$) であった. Fig. 2 に同一例の IMP および HMPAO 局所脳血流画像を示す.

次に IMP-CBF, HMPAO-CBF の局所順位相関 (r_s) を, 皮質灰白質, 皮質下灰白質 (線条体, 視

Table 1 Regional SPECT-CBF values in IMP and HMPAO

(A) Left hemisphere

Region	IMP-CBF	HMPAO-CBF	p
Central	52 \pm 6.2	50.9 \pm 5	NS
Parietal	53.4 \pm 3.5	52.3 \pm 3.7	NS
Frontal	54.7 \pm 3.9	51.9 \pm 2.8	<0.05
Temporal	51 \pm 4.7	49.4 \pm 4.4	NS
Occipital	56.6 \pm 6.4	55 \pm 3.9	NS
Hippocampus	46.1 \pm 2.8	46.7 \pm 4	NS
Striatum	55 \pm 3	59 \pm 5.1	<0.02
Thalamus	58.6 \pm 5	57.5 \pm 3.9	NS
Centrum semiovale	27 \pm 5.1	30.4 \pm 6.5	<0.05
Cerebellum	57.3 \pm 7.2	65.3 \pm 3.7	<0.005

CBF (ml/100 g/min)

F=28.5 for IMP ($p = 1.8 \times 10^{-21}$), and F=37.6 for HMPAO ($p = 3.6 \times 10^{-25}$). NS=not significant.

(B) Right hemisphere

Region	IMP-CBF	HMPAO-CBF	p
Central	51.9 \pm 5.2	50.1 \pm 4.1	NS
Parietal	52.2 \pm 4.8	51.3 \pm 4.5	NS
Frontal	56.1 \pm 6.3	52.5 \pm 3.9	<0.05
Temporal	51.6 \pm 4.4	50.7 \pm 3.9	NS
Occipital	56.2 \pm 4.1	53.5 \pm 2.5	<0.05
Hippocampus	46 \pm 6	46.3 \pm 3	NS
Striatum	54.3 \pm 5.7	58.3 \pm 5.9	<0.05
Thalamus	57.6 \pm 2.6	58.2 \pm 4.1	NS
Centrum semiovale	27.2 \pm 4.3	32.3 \pm 6.1	<0.01
Cerebellum	58.8 \pm 7.6	65.1 \pm 4.2	<0.005

F=27.3 for IMP ($p = 6.5 \times 10^{-21}$), and F=35.1 for HMPAO ($p = 3.3 \times 10^{-24}$).

床), 白質 (半卵円中心), 小脳において検討した (Table 2). 皮質灰白質 108 箇所における r_s は 0.761 ($p < 0.001$) (Fig. 3), 白質にては 0.739 ($p < 0.001$), 小脳においては 0.731 ($p < 0.001$) であった. 線条体と視床における r_s は前記 3 部位と比較して低く, それぞれ 0.58 ($p < 0.05$), 0.628 ($p < 0.01$) であった.

IV. 考 察

^{133}Xe クリアランス法は測定モデルが単純で, 非侵襲的に脳血流量を定量できることから, 脳血流量測定の標準法として広く臨床応用されてき

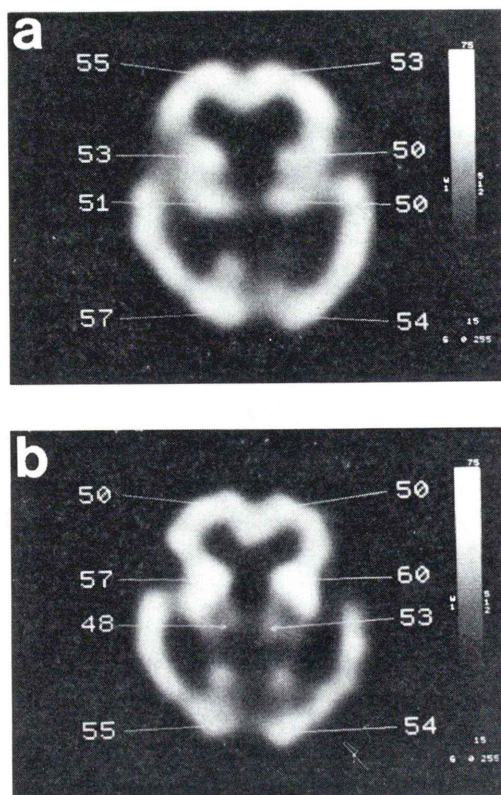


Fig. 2 IMP-CBF and HMPAO-CBF in a healthy 58 years old female. (a)=IMP, (b)=HMPAO

Table 2 Correlation between IMP-CBF and HMPAO-CBF values

Region	n	r_s	p
Cortical gray matter	108	0.761	<0.001
Striatum	18	0.58	<0.05
Thalamus	18	0.628	<0.01
White matter	18	0.739	<0.001
Cerebellum	18	0.731	<0.001

r_s = Spearman's rank correlation coefficient.

た⁵⁾。この方法の欠点は IMP や HMPAO などの脳血流 SPECT と比較して空間分解能が低いことである。脳血流 SPECT は脳血流分布を高画質の断層像として得られる利点があるが、脳血流絶対値の測定には多大な労力を要する。動脈採血法により絶対血流量の測定が可能であるが、侵襲的であり、頻回の動脈血採血と血液処理が必要であ

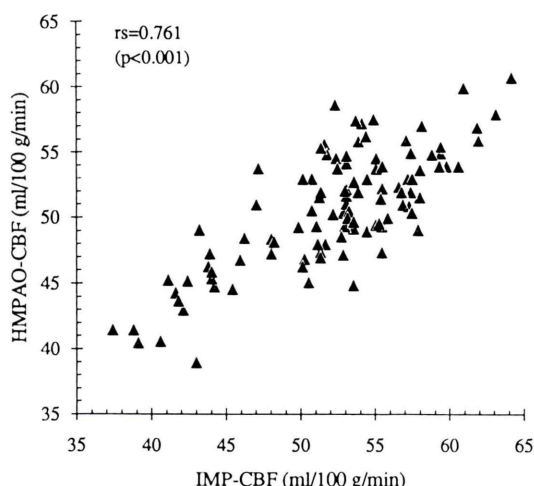


Fig. 3 Scatterplot between IMP-CBF and HMPAO-CBF values in the 108 regions of cortical gray matter.

る^{8,9)}。動脈弓におけるトレーサの時間放射能曲線を脳入力関数とする方法¹⁰⁾は非侵襲的であるが、単位時間、組織あたりの脳血流パラメータが算出されていないため、最終的には脳血流パラメータと¹³³Xe-CBFの回帰直線から絶対血流量を推定することになる。脳血流 SPECT と¹³³Xe全脳平均血流量を併用した局所脳血流測定法は、両方法の利点¹¹⁾を生かすために考案されたものであり、非侵襲的に精度の高い局所脳血流測定が可能で実際的な方法である⁷⁾。

脳血流トレーサの理想的な条件は1回循環で100%が脳内に取り込まれ、逆拡散のないことであるが¹²⁾、現実的にはこれらの条件をすべて満たす臨床応用可能な放射性医薬品は存在しない。⁸⁵Sr-マイクロスフェアによる脳血流量を標準としてラットにおいて求めた脳1回摂取率はSr-CBF 50 ml/100 g/minのレベルでIMPにおいて約90%、HMPAOにおいては約80%と報告されており、IMPのほうがHMPAOと比較して高率である¹³⁾。またSr-CBFとの相関はIMP-CBFのほうがHMPAO-CBFよりも高く、Sr-CBF 60 ml/100 g/minのレベルで、IMP-CBFは約55 ml/100 g/min、HMPAO-CBFは約50 ml/100 g/minである¹³⁾。本

研究で、前頭葉、後頭葉などの大脳皮質高血流量部位で HMPAO-CBF が IMP-CBF と比較して有意に約 5% 程度低値を示したことは、HMPAO の高血流量部位からの逆拡散現象¹¹⁾ によって説明可能と考える。

本研究での大脳皮質局所血流量は、IMP-SPECT で 51~57 ml/100 g/min, HMPAO-SPECT で 49~55 ml/100 g/min の範囲にあり、後頭葉血流量がいずれのトレーサにおいても最も高値であった。これらの値は従来からの positron emission tomography (PET) の検討¹⁴⁻¹⁷⁾ とほぼ合致している。線条体血流量は後頭葉、視床血流量と比較して IMP ではやや低く、逆に HMPAO ではやや高かった。PET による検討では、線条体の血流量¹⁸⁾ と糖代謝¹⁹⁾ は大脳皮質と比較して高い。また、IMP 静脈血採血法で測定された線条体血流量は大脳皮質血流量よりも低い²⁰⁾。われわれの結果は HMPAO の線条体集積は真の脳血流分布に近いが、IMP の線条体集積は真の脳血流分布と比較して低いことを示すものと考えられる。IMP の線条体集積は、脳血流、代謝以外の他の因子によって影響される可能性がある。このことの解明には、吸収補正係数の条件設定、部分容積効果、パーキンソン病などの病的状態、受容体レベルの検討を必要とする。線条体以外に IMP-CBF と HMPAO-CBF の乖離が特に大きかったのは小脳においてであった。HMPAO の小脳血流量過大評価はすでに PET-CBF²¹⁾ あるいは ¹³³Xe-CBF^{6,7)} と HMPAO-SPECT の比較研究で報告されている。Heiss ら²¹⁾ は、HMPAO の小脳血流量過大評価の原因を小脳血管床が大脳よりも多いためと推定している。HMPAO は血液からのクリアランスが遅いことが報告されており²²⁾、このことがヒト小脳血流の過大評価と関係していると考えられるが、ラットにおけるオートラジオグラフィによる検討ではこの現象は否定的であり、今後の検討が必要である。

HMPAO-SPECT 画像のコントラストは HMPAO の k_3/k_2 (α) を補正することにより改善するという Lassen の理論が発表され²³⁾、Yonekura

らは PET-CBF 分布と HMPAO-SPECT の相関は α の補正により改善すると報告している²⁴⁾。しかし、 α の補正は HMPAO の画像コントラストを改善しても、HMPAO 脳血流分布と PET-CBF あるいは ¹³³Xe-CBF との相関そのものには影響しないという報告が一般的である^{6,21,25)}。 α 補正を行った場合、脳血流量の分散が補正なしの場合と比較して多くなることも無視できない^{6,21)}。Lassen の補正式が適用できるのは正常な大脳灰白質と白質と考えられ、小脳あるいは線条体、病的組織への適用は困難と考えられる。小脳を基準に α 補正を加えた場合、脳血流量が過小評価されることは、本研究の結果から予想されることであり、またすでに指摘されている^{7,21)}。HMPAO-SPECT 画像では血液脳関門の破綻した部位への水溶性代謝物の蓄積が梗塞巣の検出率を低下させており、このような病態では α 補正理論が成立しないことも Lassen 自身から報告されている²⁶⁾。このような例では k_4 についても考慮する必要があると考える。

皮質灰白質における IMP-CBF と HMPAO-CBF の順位相関 $r_s=0.761$ は、統計的には HMPAO-CBF 値の約 50% が IMP-CBF により説明できるという成績である。両トレーサは主として局所脳血流量を反映するが、局所的には微妙な集積程度の乖離が認められ、SPECT 画像は脳血流以外に他の脳機能、血管系の情報を加味している可能性が考えられる。本研究では、主として IMP-CBF 値と HMPAO-CBF 値の局所比較について報告したが、¹³³Xe 局所脳血流量と IMP-SPECT CBF, HMPAO-SPECT CBF の相関の比較、脳疾患における有用性比較、再現性比較についても検討が必要と考える。これらの結果については別の誌面を借りて報告する予定である。

V. まとめ

¹³³Xe 全脳平均血流量と ¹²³I-IMP-SPECT, ^{99m}Tc-HMPAO-SPECT から局所脳血流量を算出し、比較した。IMP-CBF と HMPAO-CBF の相関は皮質灰白質で良好であったが、後頭葉、前

頭葉などの高血流部位で HMPAO-CBF が IMP-CBF と比較してやや低かった。小脳血流量は HMPAO-CBF が IMP-CBF よりも高く、逆に線条体では IMP-CBF が HMPAO-CBF よりも低かった。本法で得られた局所脳血流値は従来から報告されている PET-CBF とほぼ一致するものであるが、局所脳血流量の微妙な違いには、トレーサの特性と脳局所の血管構築および性状が関係しているものと考えられた。

謝辞：データ収集および処理にご協力いただいた国立福知山病院放射線部糸井良仁技官、国立大阪病院下井睦男技官に深謝いたします。

文 献

- Creutzig H, Schober O, Gielow P, Friedrich R, Becker H, Dietz H, et al: Cerebral dynamics of N-isopropyl-(^{123}I)p-iodoamphetamine. *J Nucl Med* 27: 173-183, 1986
- Ell PJ, Hocknell JML, Jarritt PH, Cullum I, Lui D, Costa DC, et al: A $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -labelled radiotracer for the investigation of cerebral vascular disease. *Nucl Med Commun* 6: 437-441, 1985
- 西澤貞彦, 米倉義晴, 藤田 透, 千田道雄, 小西淳二, 石川正恒, 他: $\text{Tc-}^{99\text{m}}\text{-d,l-HMPAO}$ を用いた脳血流 SPECT の検討. *核医学* 24: 1521-1527, 1987
- 大塚 誠, 一矢有一, 桑原康雄, 佐々木雅之, 赤司祐子, 吉田 毅, 他: 線条体における ^{123}I -IMP と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO による脳血流 SPECT 分布の違い: PET による検討. *核医学* 30: 389-395, 1993
- Obrist WD, Wilkinson WE: Stability and sensitivity of CBF indices in the noninvasive ^{133}Xe method. *In Cerebral blood flow and metabolism measurement*, ed by Hartmann A, Hoyer S, Springer-Verlag, Berlin, 1985, p. 30
- 井坂吉成, 飯地 理, 今泉昌利, 蘆田敬一, 糸井良仁: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT による局所脳血流量測定を試み: ^{133}Xe 全脳血流量の併用. *核医学* 29: 1463-1473, 1992
- Isaka Y, Itoi Y, Imaizumi M, Ashida K, Okamoto M, Iiji O: Quantitation of rCBF by technetium-99m hexamethylpropyleneamine oxime single photon emission computed tomography combined with xenon-133 CBF. *J Cereb Blood Flow Metab* 14: 353-357, 1994
- Kuhl DE, Barrio JR, Huang S-C, Selin C, Ackerman RF, Lear JL, et al: Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl-p- ^{123}I iodoamphetamine (IMP) tomography. *J Nucl Med* 23: 196-203, 1982
- Murase K, Tanada S, Fujita H, Sasaki S, Hamamoto K: Kinetic behavior of technetium-99m-HMPAO in the human brain and quantification of cerebral blood flow using dynamic SPECT. *J Nucl Med* 33: 135-143, 1992
- Matsuda H, Tsuji S, Shuke N, Sumiya H, Tonami N, Hisada K: A quantitative approach to technetium-99m hexamethylpropylene amine oxime. *Eur J Nucl Med* 19: 195-200, 1992
- Andersen AR, Friberg HH, Schmidt JF, Hasselbalch SG: Quantitative measurements of cerebral blood flow using SPECT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -d,l-HMPAO compared to xenon-133. *J Cereb Blood Flow Metab* 8: S69-S81, 1988
- Herscovitch P, Powers WJ: Measurement of regional cerebral blood flow by positron emission tomography. *In Cerebral Blood Flow*, eds by Wood JH, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985, p. 257
- Di Rocco RJ, Silva DA, Kuczyński BL, Narra RK, Ramalingam K, Jurisson S, et al: The single-pass cerebral extraction and capillary permeability-surface area product of several putative cerebral blood flow imaging agents. *J Nucl Med* 34: 641-648, 1993
- Huang S-C, Carson RE, Hoffmann EJ, Carson J, MacDonald N, Barrio JR, et al: Quantitative measurement of local cerebral blood flow in humans by positron computed tomography and ^{15}O -water. *J Cereb Blood Flow Metab* 3: 141-153, 1983
- Jones SC, Greenberg JH, Dann R, Robinson Jr GD, Kushner M, Alavi A, et al: Cerebral blood flow with the continuous infusion of oxygen-15-labeled water. *J Cereb Blood Flow Metab* 5: 566-575, 1985
- Lenzi GL, Fracowiak RSJ, Jones T, Heather JD, Lammertsma AA, Rhodes CG, et al: CMRO₂ and CBF by the oxygen-15 inhalation technique: Results in normal volunteers and cerebrovascular patients. *Eur Neurol* 20: 285-290, 1981
- Fracowiak RSJ, Lenzi G-L, Jones T, Heather JD: Quantitative measurement of regional cerebral blood flow and oxygen metabolism in man using ^{15}O and positron emission tomography: Theory, procedure, and normal values. *J Cereb Blood Flow Metab* 4: 722-736, 1980
- Otsuka M, Ichiya Y, Kuwabara Y, Miyake Y, Tahara T, Masuda K, et al: Cerebral blood flow, oxygen and glucose metabolism with PET in progressive supranuclear palsy. *Ann Nucl Med* 3: 111-118, 1989

- 19) Gilman S, Junck L, Markel DS, Koeppe RA, Klun KJ: Cerebral glucose hypermetabolism in Friedreich's ataxia detected with positron emission tomography. *Ann Neurol* **28**: 750-757, 1990
- 20) Podreka I, Baumgartner C, Suess E, Müller C, Brücke T, Lang W, et al: Quantification of regional cerebral blood flow with IMP-SPECT: reproducibility and clinical relevance of flow values. *Stroke* **20**: 183-191, 1989
- 21) Heiss WD, Herholz D, Podreka I, Neubauerer I, Pietrzyk U: Comparison of [^{99m}Tc]HMPAO SPECT with [^{18}F]fluoromethane PET in cerebrovascular disease. *J Cereb Blood Flow Metab* **10**: 687-697, 1990
- 22) Nakano S, Kinoshita K, Jinnouchi S, Hoshi H, Watanabe K: Dynamic SPECT with technetium-99m HM-PAO in meningioma: A comparison with iodine-123 IMP. *J Nucl Med* **30**: 1101-1105, 1989
- 23) Lassen NA, Andersen AR, Friberg L, Paulson OB: The retention of [^{99m}Tc]-d,l-HMPAO in the human brain after intracarotid bolus injection: A kinetic analysis. *J Cereb Blood Flow Metab* **8**: S13-S22, 1988
- 24) Yonekura Y, Nishizawa S, Mukai T, Fujita T, Fukuyama H, Ishikawa M, et al: SPECT with [^{99m}Tc]-d,l-hexamethyl-propylene amine oxime (HM-PAO) compared with regional cerebral blood flow measured by PET: Effects of linearization. *J Cereb Blood Flow Metab* **8**: S82-S89, 1988
- 25) 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 C^{15}O_2 PET. *J Nucl Med* **33**: 246-248, 1992
- 26) Spering B, Lassen NA: Hyperfixation of HMPAO in subacute ischemic stroke leading to spuriously high estimate of cerebral blood flow by SPECT. *Stroke* **24**: 193-194, 1993

Summary

Quantitation of Regional Cerebral Blood Flow by Single Photon Emission Computed Tomography of CBF-Tracer Combined with Whole-Brain CBF: A Comparison between ^{123}I -IMP and ^{99m}Tc -HMPAO in Healthy Volunteers

Yoshinari ISAKA*,**, Masatoshi IMAIZUMI**, Keiichi ASHIDA**, Yosuke OHE**, Masaya OKAMOTO**, Tohru ABE** and Seiji TANAKA*

*Department of Nuclear Medicine, **Department of Internal Medicine,
Osaka National Hospital

A simple, noninvasive method of measuring cerebral blood flow (CBF) that uses single-photon emission computed tomography (SPECT) of CBF-tracer and whole brain CBF obtained by xenon-133 (^{133}Xe) clearance technique was developed. In nine healthy volunteers, SPECT data were normalized to the count density of ^{123}I -IMP or ^{99m}Tc -HMPAO uptake in the whole-brain, and then converted to the absolute units of CBF by multiplying average ^{133}Xe -CBF in the whole brain.

The CBF values measured by ^{99m}Tc -HMPAO CBF-SPECT was significantly lower in the high flow regions of cortical gray matter (bilateral frontal lobe; $p < 0.05$ and right occipital lobe; $p < 0.05$), and was significantly higher in the bilateral white matter ($p < 0.05$ or 0.01) and the cerebellum ($p < 0.005$) compared with the flow values measured by ^{123}I -IMP CBF-SPECT. Whereas, the IMP-CBF values were significantly lower in the bilateral

striatum ($p < 0.02$ or 0.05) compared with the HMPAO-CBF values.

Good correlations were found between IMP-CBF and the HMPAO-CBF values in the cortical gray matter ($r_s = 0.761$; $p < 0.001$, $n = 108$), the white matter ($r_s = 0.739$; $p < 0.001$, $n = 18$) and the cerebellum ($r_s = 0.731$; $p < 0.001$, $n = 18$). In the striatum ($r_s = 0.58$; $p < 0.05$, $n = 18$) and the thalamus ($r_s = 0.628$; $p < 0.05$, $n = 18$), the correlations between IMP-CBF and HMPAO-CBF values were inferior to those of the other three regions.

The results indicated that the contrast between high and low CBF regions in the HMPAO CBF-SPECT was significantly less than that in the IMP CBF-SPECT. However, this assumption is not applicable in all of the cerebral regions.

Key words: Cerebral blood flow, ^{123}I -IMP, ^{99m}Tc -HMPAO, Striatum, Cerebellum.