

# $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT による 症候性脳血管攣縮例の脳循環動態の評価

中川原讓二、松崎隆幸、和田啓二、武田利兵衛  
戸島雅彦、川合 裕、中村順一、末松克美\*

## Assessment of Hemodynamic Changes Due to Symptomatic Vasospasm in SAH Using SPECT and $^{123}\text{I}$ -IMP

Jyoji NAKAGAWARA, Takayuki MATSUZAKI, Keiji WADA, Rihei TAKEDA,  
Masahiko TOSHIMA, Yutaka KAWAI, Jun-ichi NAKAMURA and Katsumi SUEMATSU\*

Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital, Sapporo, Japan and  
\*Hokkaido Brain Research Foundation, Sapporo, Japan.

**Summary :** Eleven patients with symptomatic cerebral vasospasm following early surgery for ruptured aneurysm were examined postoperatively using single-photon emission computed tomography (SPECT) and N-isopropyl- $^{123}\text{I}$ -p-iodoamphetamine (IMP). IMP acquisitions were made 2 times after intravenous injection of 6mCi IMP. The early imaging was performed 10 minutes after injection, and the delayed imaging was obtained 5 hours after injection. In patients with reversible ischemia, moderate hypoactive areas due to vasospasm were observed on the early image with incomplete redistribution on the delayed image, which were not detected by CT scan. Neurological recovery was accompanied by normalization of the early and delayed images. In patients with irreversible infarction, marked hypoactive or inactive areas due to vasospasm were revealed on the early image, without redistribution on the delayed image. Post-ischemic hyperactive areas were localized in the early or delayed images, which corresponded to the subacute infarcted area on the CT scan following the relaxation of cerebral vasospasm. Based on the above results of acute cerebral ischemia due to vasospasm, it is concluded that the early image indicates hemodynamic changes due to cerebral vasospasm, and the delayed image reveals a redistribution of IMP related to the functional reversibility of the acute ischemic brain tissue. In addition to that, it seems important that chronology be taken into the consideration when regional brain perfusion and metabolic activity in patients with subacute infarcted area were evaluated by the early and delayed images of IMP-SPECT.

### Key words :

- cerebral aneurysm
- cerebral vasospasm
- N-isopropyl- $^{123}\text{I}$ -p-iodoamphetamine(IMP)
- single-photon emission computed tomography (SPECT)
- subarachnoid hemorrhage

### はじめに

破裂脳動脈瘤に対する急性期手術は、再出血を防止し、クモ膜下腔の血腫をある程度除去し得る点で優れていると考えられる。しかしながら、クモ膜下出血に続発する遅発性脳血管攣縮による脳虚血は、依然として術後の morbidity や mortality に関与する因子として重要であり、その病態診断と治療対策の確立は、焦眉の課題と考えられる。

これまで臨床症例の脳血管攣縮による脳虚血については、主に2次元の局所脳血流量の測定により多くの研究がなされてきたが、脳血管造影によって脳血管攣縮が証明された症例の局所神経症状と局所脳血流量との関係は、必ずしも明確ではなかった<sup>2,3)</sup>。それゆえに脳循環動態の3次元の評価の必要性が強調されてきたが臨床例での十分な研究はこれまでなされていない。しかしながら最近の脳核医学の急速な進歩、とくに Single photon emission CT (SPECT) の発達と、

$^{123}\text{I}$ -IMP (N-isopropyl- $^{123}\text{I}$ -p-iodoamphetamine) などの標識化合物 (Single photon emitter) の開発によって、日常臨床の場で非侵襲的に3次元的な局所脳血流分布画像を得ることが可能となってきた<sup>5)14)15)</sup>。そこで、 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT により症候性脳血管攣縮例の脳循環動態を経時的にとらえ、脳虚血の出現領域とその重症度評価、虚血脳の reversibility について検討した。

### 対象と方法

破裂脳動脈瘤に対する急性期手術後に、症候性脳血管攣縮をきたした11症例を対象とした。これらの症例では脳血管攣縮による脳虚血症状の出現の前後において、 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT および CT が施行された。対象症例の性別は、男性が3名、女性が8名で、平均年齢は49.7歳 (31歳~71歳) であった。急性期手術は、発症後48時間以内に施行された。術前の神経学的な重症度は、Hunt & Kosnik 分類 (付帯事項は

術後の脳血管造影は、11例中10例に対して術後4日~17日の間に施行し、10例全例において脳血管攣縮を確認した。脳血管造影上の脳血管攣縮は、その程度により3段階に評価した。内頸動脈、中大脳動脈、前大脳動脈の内腔が50%以上の狭窄を示す場合には“severe”と評価した。50%以下の狭窄は“moderate”と評価し、わずかな狭窄は“slight”と評価した。脳虚血症状の reversibility から、症例を reversible group, irreversible group, fatal group (死亡) の3群に分類した。術後の転帰は、発症から3ヵ月後の ADL (the activity of daily living scale) により判定し、ADL I (完全社会復帰) から ADL V (死亡) の5段階に分類した。

SPECT 装置としては、HEADTOME SET 031 (島津製作所、京都) を使用した。本装置の検出器はリング状で NaI-Crystal が直径38cmの円周上に64個配置されており、検出器3列で同時に3または6スライスの画像再構成が可能であった。 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT

Table 1 Clinical summary of 11 patients with delayed cerebral vasospasm.

Case	Age/Sex	Site of Aneurysm	H & K Grade	Angiographic vasospasm(days)	Reversibility of symptom	A D L (3 months)
1	31/F	Lt. MCA	II	severe (7)	reversible	I
2	56/F	Lt. ICA	III	severe (13)	reversible	I
3	33/M	A-com	IV	moderate (12)	reversible	I
4	58/F	Lt. ICA	IV	severe (13)	reversible	I
5	52/M	Rt. MCA	III	severe (15)	reversible	II
6	44/M	Rt. MCA	IV	moderate (17)	irreversible	III
7	71/F	A-com	III	severe (13)	irreversible	IV
8	52/F	Lt. MCA	IV	severe (12)	irreversible	IV
9	51/F	Rt. MCA	IV	moderate (11)	irreversible	IV
10	46/F	Rt. MCA	IV	moderate (4)	fatal	V
11	53/F	Lt. MCA	III	without angiography	fatal	V

考慮せず) により、1例がGrade II、4例がGrade III、6例がGrade IVと分類された。

術後の脳血管攣縮に対する治療プロトコールとして、以下に述べる Hypervolemic Hemodilution Therapy<sup>12)16)</sup>と脳槽ドレナージ術が施行された。Hypervolemic Hemodilution Therapy として、低分子デキストランまたは5%ヒトアルブミン溶液500~1000 ml/日と、10%グリセロール800~1600 ml/日を投与し、平均中心静脈圧を $10 \pm 2 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、平均ヘマトクリット値を30%~33%に維持した。また、脳槽ドレナージよりクモ膜下腔の血腫除去を目的として、血性髄液約200~250 ml/日を持続的に排除し、同時に頭蓋内圧を正常範囲内に保持するようにした。

では、低エネルギー高分解能コリメータが用いられ、収集カウント数1000k countsにて画像が再構成された。空間分解能はスライス中心部において9 mm FWHM (full width at half maximum) であった。

$^{123}\text{I}$ -IMP 6 mCi 静注10分後 (early) および5時間後 (delayed) の2回、画像が撮影された。early image では、 $^{123}\text{I}$ -IMP が局所脳血流量に比例して分布する (wash-in) ことから、局所脳血流分布 (regional brain perfusion) が示された。delayed image では脳組織に生化学的にトラップ (fixation) された $^{123}\text{I}$ -IMP が wash-out されること、初回循環で肺に集積した $^{123}\text{I}$ -IMP がリザーバーとなってその後徐放されることにより“再分布”現象が認められた<sup>10)11)</sup>。Early

image における集積低下域は、健常部（側）に対して、欠損～重度低下<中等度低下<軽度低下の3段階に区別した。また、delayed image における再分布は、再分布なし<不完全再分布<完全再分布の3段階に区別した。

発症後、30日以内に11症例に対して合計38回の<sup>123</sup>I-IMP SPECT が施行された。

### 結果と症例

11症例の clinical summary を Table 1 に示す。

#### a) Reversible group (症例 1～5)

遅発性脳血管攣縮による脳虚血症状が reversible であった5例では、神経症状発現の前後において、early image 上、脳血管攣縮が確認された脳主幹動脈の支配領域に、中等度の集積低下域が認められた。Delayed image では、同じ血管の支配領域に不完全再分布が認められた。しかし、CT 上低吸収域は出現しないか、または出現しても極く小領域にとどまった。脳血管攣縮の寛解により、神経症状が回復し

た後には、early image および delayed image の集積は共に改善し正常化した。以下に代表的症例2、4の所見について述べる。

#### 〈症例 2〉 (Fig. 1 A, B)

発症翌日、Hunt & Kosnik Grade III にて左破裂内頸動脈瘤の neck clipping 術が施行された。第9病日に言語の障害と右不全片麻痺が出現し、数日後消失した。脳血管造影にて左 M<sub>1</sub>, A<sub>1</sub> に severe な脳血管攣縮が認められた。第9病日の early image では、左中大脳動脈領域に中等度の低集積域が認められ、delayed image では、同領域に不完全再分布が認められた。第15病日の early image では、両側前大脳動脈領域に中等度の低集積域が認められ、delayed image では、同領域にわずかな不完全再分布が認められた。神経学的には自発性の低下が見られた。神経学的に正常となった第29病日の early image および delayed image では、いずれも集積度の改善が認められた。

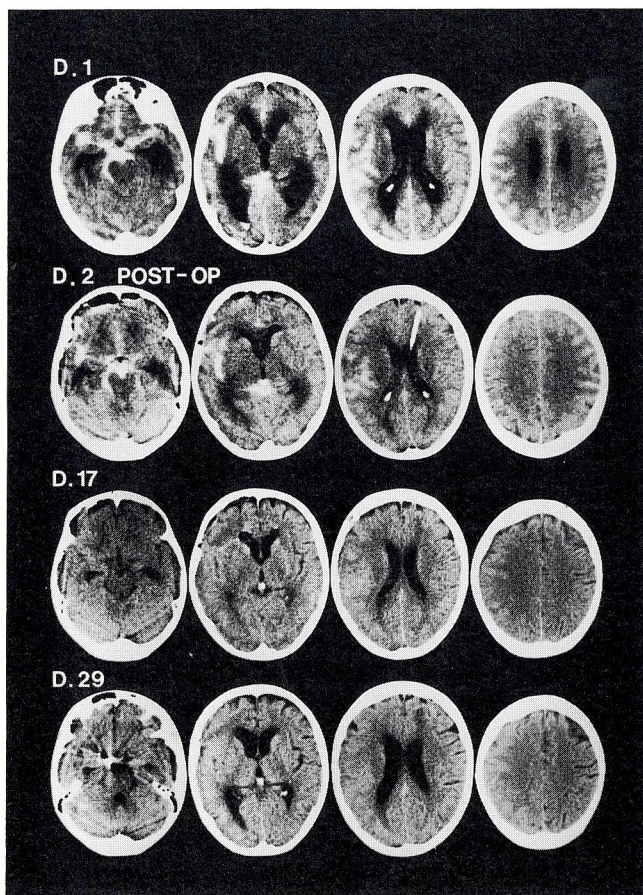


Fig.1 A Case 2 : Serial CT scans.

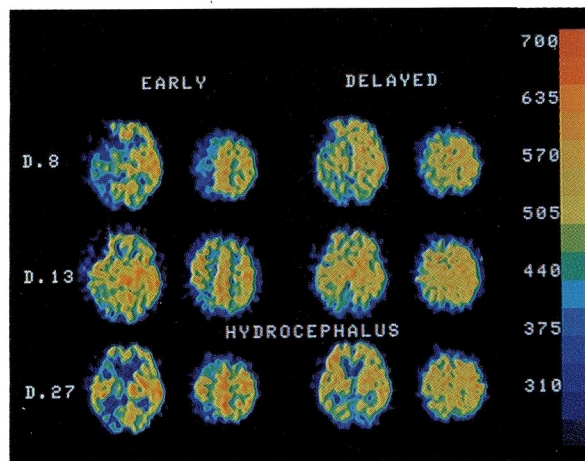


Fig.1 B Case 2 : Three serial <sup>123</sup>I-IMP SPECT studies. On Day 9, when the patient was dysphasic with right hemiparesis due to vasospasm, the early image revealed a moderate hypoactive area on the left MCA territory, and the delayed image showed a incomplete redistribution. On Day 15, a moderate hypoactive area in the early image and a incomplete redistribution on the delayed image were indicated on bilateral ACA territories. On Day 29, neurological recovery was accompanied by normalization of the early and delayed images.

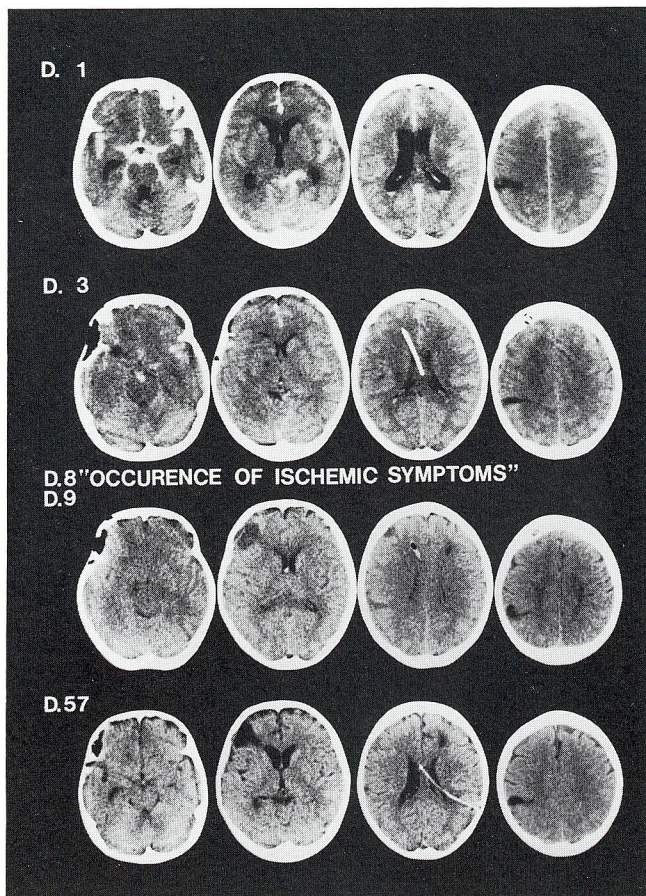


Fig. 2 A Case 4 : Serial CT scans.

〈症例 4〉 (Fig. 2 A, B)

発症当日、Hunt & Kosnik Grade IVにて左内頸動脈瘤 neck clipping 術が施行された。術後意識レベルは、ほぼ清明となったが、第8病日、失語、右片麻痺が出現した。翌日の CT にて右前頭葉に低吸収域が認められ、脳血管造影では、左 M<sub>1</sub> に severe な脳血管攣縮が認められた。神経症状は数日間で徐々に消失した。第30病日、続発性水頭症に対して V-P shunt 術を施行した。第8病日の early image にて、左中大脳動脈領域に広範囲に、中等度の低吸収域が認められた。局所的には左前頭葉と頭頂葉(陳旧性脳梗塞巣)に集積欠損域が認められた。Delayed image では、左中大脳動脈領域に広範囲な不完全再分布と、右前頭葉の一部に再分布のない領域が認められた。第13病日の early image では、左中大脳動脈領域の集積は著明に改善し、左側頭・頭頂葉に軽度の低吸収域が認められたが、delayed image ではほぼ完全な再分布が認められた。続発性水頭症が明らかとなった第27病日の early image では、左前頭葉・側頭葉の低吸収域に加え、脳室周囲白質の集積が低下した。Delayed image では、これ

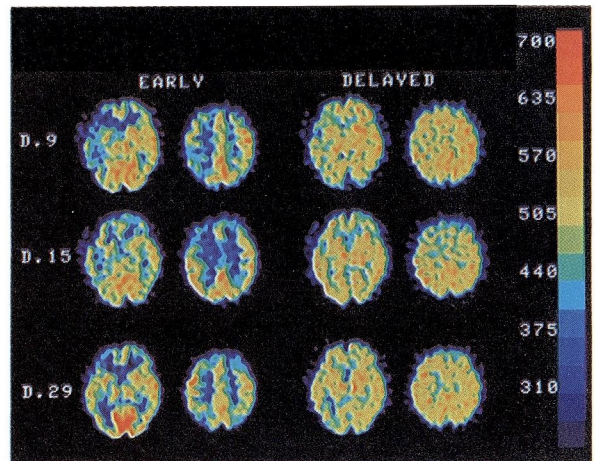


Fig. 2 B Case 4 : Three serial <sup>123</sup>I-IMP SPECT studies. On Day 8, when the patients was aphasic with right hemiplegia, the early image showed a moderate hypoactive area on the left, and the delayed image revealed a incomplete redistribution. On Day 13, improvement of regional activity was noted on the early and delayed images following neurological recovery.

らの部位はほぼ完全な再分布域となったが、左前頭葉の脳梗塞巣に一致して小さな高集積域が認められた。

b) Irreversible group

遅発性脳血管攣縮による脳虚血症状が、irreversibleであった4例では、脳虚血症状発現時に early image 上中等度の低吸収域、delayed image 上不完全再分布域であった領域が、数日後、early image にて集積欠損領域、delayed image にて再分布がほとんど認められない領域へと変化した。CT 上、delayed image において再分布を認めない領域にほぼ等しい低吸収域が出現した。脳血管攣縮寛解直後の early image および delayed image では脳梗塞巣の集積度の増加が認められた。また、亜急性期脳梗塞巣では、early image または delayed image において高集積域を示す症例が認められた。これらの症例の脳梗塞巣は、CT 上造影剤により強くエンハンスされ、<sup>99m</sup>Tc-DTPA SPECT でも高集積域として認められた。しかし、脳梗塞巣の吸収・完成とともに、両 image 上の集積は徐々に減少した。以下に症例 7 の所見について述べる。

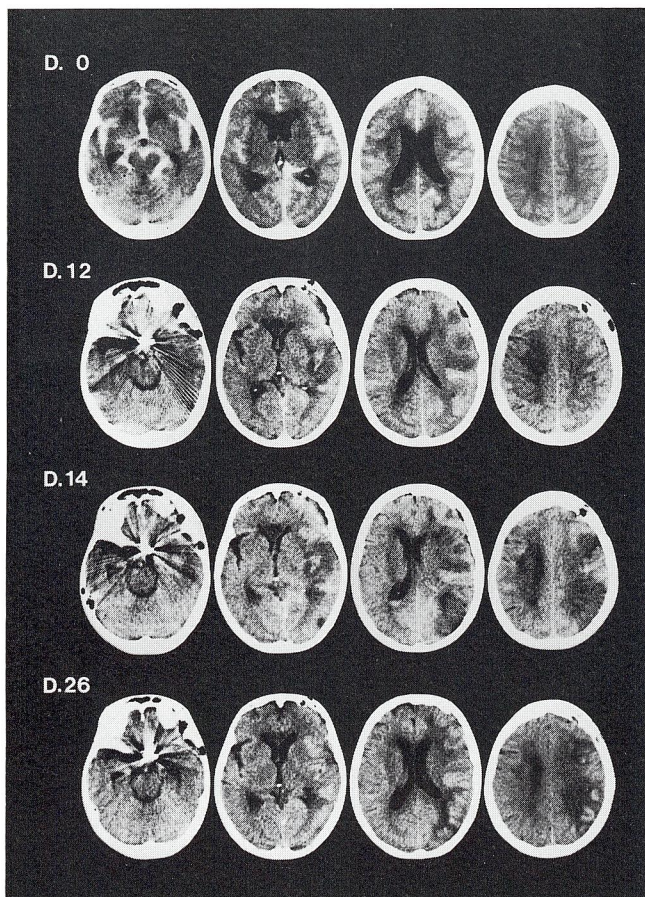


Fig. 3 A Case 7 : Serial CT scans.

〈症例 7〉 (Fig. 3 A, B)

発症当日、Hunt & Kosnik Grade IIIにて破裂前交通動脈瘤 neck clipping 術が施行された。術後神経症状の改善はほとんど認められず、第8病日より更に意識レベルが低下した。脳血管造影にて severe な脳血管攣縮が認められた。第12病日の CT では、右前頭・側頭葉に多発性の低吸収域が認められ、第14病日の CT では、新たに前頭葉と頭頂葉に低吸収域が認められた。

第9病日の early image では、右前頭葉皮質に高集積域、側頭葉に中等度～軽度の低集積域が認められた。Delayed image では前者は完全な再分布域、後者は不完全な再分布域となった。右シルビウス裂付近には、early, delayed image ともに集積欠損域が認められた。第16病日の early image では、右前

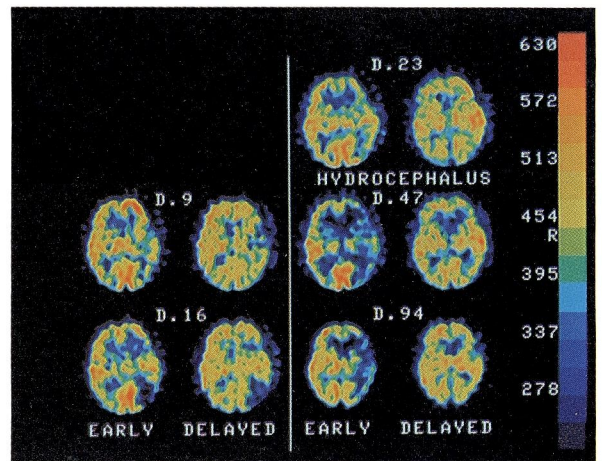


Fig. 3 B Case 7 : Five serial  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT studies. A right moderate hypoactive area on the early image (Day 9) turned into a marked hypoactive or inactive area (Day 16). On the delayed image, a right incomplete redistribution (Day 9) changed into inactive area (Day 16). On Day 23, an increase of activity on the early image and hyperactive area on the delayed image were noted in right infarction area, but activity in the infarcted areas decreased gradually in the chronic stage.

頭葉と側頭葉に集積欠損ないし重度の低集積域が認められた。Delayed image では、右前頭葉は不完全な再分布域、側頭葉に再分布がみられない領域が認められた。第23病日 early image における右側頭葉の等集積域は delayed image にて相対的に高集積域として示されたが、両 image における集積はその後しだいに減少した。

c) Fatal group

脳血管攣縮による著しい虚血性脳浮腫によって死亡した2例では、脳虚血症状発現時に early image にて広範囲に重度の低集積域が認められた。また、delayed image でも、再分布を認めない領域と不完全再分布域が存在した。CT では、mass effect を伴う低吸収域が出現拡大し、神経症状が急激に悪化した。以下に症例11の所見について述べる。

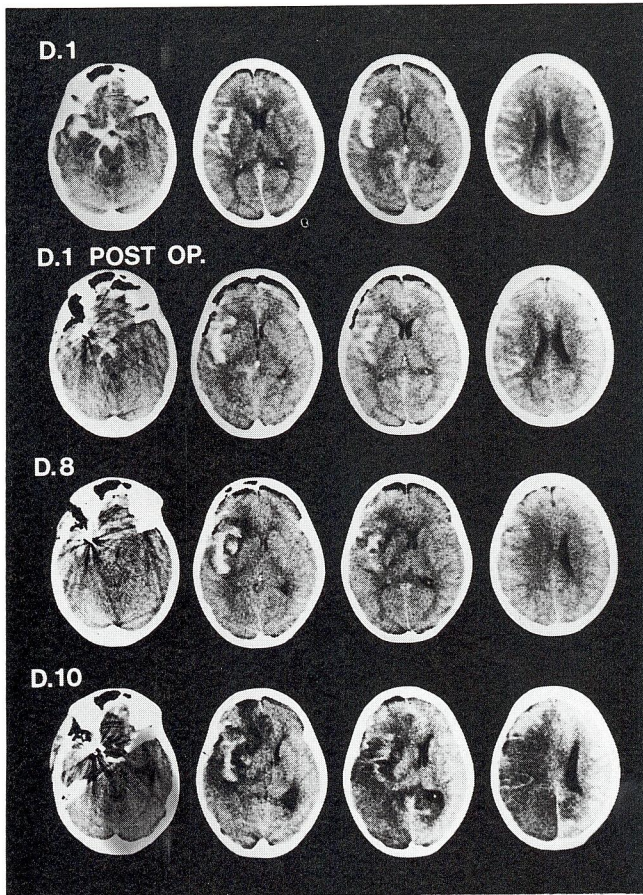


Fig.4 A Case 11 : Serial CT scans.

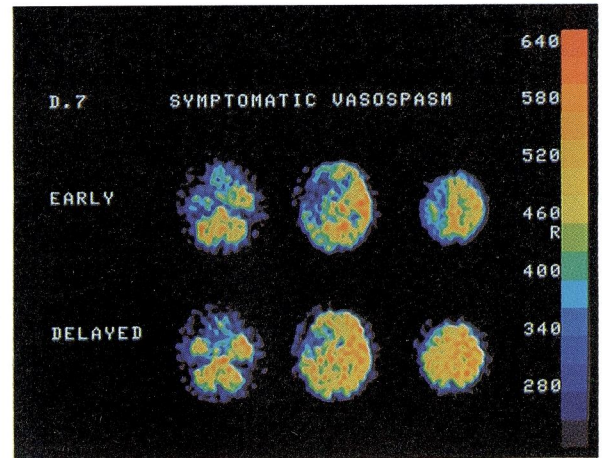


Fig.4 B Case 11 : The  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT study on Day 7. The early image showed marked hypoactive or inactive areas on the affected side. The delayed image revealed inactive area in addition to incomplete redistribution.

〈症例11〉 (Fig. 4 A, B)

発症当日、Hunt & Kosnik Grade IIIにて左破裂中大脳動脈 neck clipping 術が施行された。術後、意識レベルはほぼ清明となったが、第7病日より失語症・右片麻痺が出現し、第8病日より意識レベルが急激に低下した。第10病日脳ヘルニア徴候が出現し、CTにて左中・後大脳動脈領域に massive な虚血性脳浮腫が認められ、翌日死亡した。脳虚血症状が出現した第7病日の early image において、左中大脳

動脈領域には左シルビウス裂を中心とした重度～中等度の低集積域と、その周囲を取り囲むように軽度の低集積域が認められた。Delayed image では、シルビウス裂を中心として再分布のない領域、不完全再分布域、その外側にはほぼ完全な再分布領域が認められた。すなわち、シルビウス裂内血腫をとり囲むようにして内側に重症脳虚血域、外側に軽症脳虚血域が認められた。

## 考 察

SPECT によるヒトの局所脳血流測定では、single photon emitter として、これまで不活性ガスである  $^{133}\text{Xe}$  や  $^{81\text{m}}\text{Krypton}$  が用いられて来た<sup>1) 4) 7)</sup>。 $^{133}\text{Xe}$  SPECT法では、非侵襲的に局所脳血流量を定量的に測定することができるが、その空間分解能がスライス中心部で20mm前後 (FWHM) と劣っている<sup>4) 7) 9)</sup> ために、局所的検討が十分にできないことが欠点であった。また、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$  SPECT 法では、負荷試験前後の脳血流分布の変化を捉えることができるが、空間分解能が劣り、しかも特殊な注入器やカテーテルによって  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  を動注しなければならず、侵襲的方法であった<sup>1)</sup>。これに対して、 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT 法では、非侵襲的に分解能の高い局所脳血流分布画像が得られる。その理由は、標識化合物である  $^{123}\text{I}$ -IMP が脂溶性で、血液脳関門を容易に通過し、初回循環において脳組織に高率に摂取され、steady-stateが得られることなどの性質を有するためである<sup>14) 15)</sup>。

$^{123}\text{I}$ -IMP の初期分布を示す early image は PET 画像 (autoradiogram) や、 $^{133}\text{Xe}$  SPECT 画像との比較により、局所脳血流分布を表すと考えられている<sup>6) 8)</sup>。一方、delayed image では、低灌流域における  $^{123}\text{I}$ -IMP の再分布現象が局所の metabolic activity (代謝活性度) または、組織の viability を示す<sup>11)</sup> として注目されているが、その関係は現在のところ必ずしも明確ではない。われわれの脳虚血症例の局

所の time-activity curve から、初期分布 (wash-in) は、投与後約1時間の間保持され、その後の脳内各部位の集積度の減衰は、脳血流の多い領域ほど相対的に早いため、4~5時間後には脳虚血が軽度の領域ではほぼ完全な再分布が認められ、脳虚血が中等度となると不完全な再分布が認められた。したがって、delayed imageは虚血の重症度を反映すると考えられた (Fig.5)。本研究における reversible group でも、症状発現時の early image 上の中等度の低集積域は、delayed image において不完全な再分布域として認められており、delayed image 上の不完全再分布所見は、機能的障害をもたらす局所の metabolic activity の低下とよく相関すると考えられた。したがって、delayed image 上の不完全再分布所見は、脳血管攣縮による脳虚血が critical な状態にあるが、局所の脳組織の reversibility は末だに保たれていることを示唆する所見と考えられた。一方、irreversible または fastal group では、脳血管攣縮による脳虚血によって delayed image 上、再分布のない領域が認められ、脳虚血がさらに重症であることが示された。以上のように、early image によって、脳血管攣縮による局所脳虚血の出現とその領域を  $^{133}\text{Xe}$  SPECT よりも正確に同定することができると考えられた。また delayed image によって、脳虚血の重症度評価が可能となり、reversible ischemia と irreversible infarction とを PET を用いた場合<sup>2)</sup> と同様にある程度区別することができると考えられた (Fig. 5)。

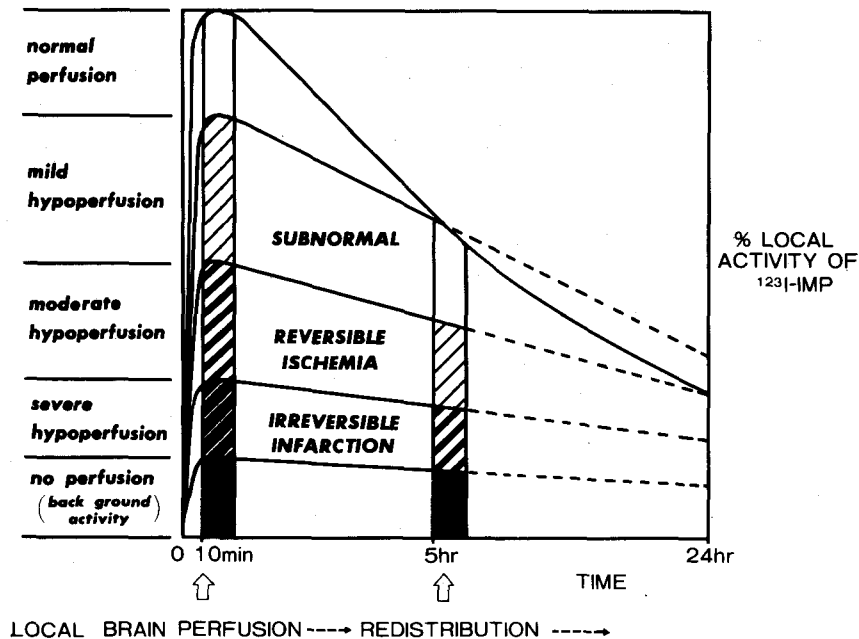


Fig.5 The relationship between the severity of cerebral ischemia and the time-activity curve of  $^{123}\text{I}$ -IMP.

脳血管攣縮により脳梗塞を合併した症例では、脳血管攣縮寛解後、early image および delayed image において、脳梗塞巣に一致して集積度の増加が認められた。脳梗塞巣に一致する early image 上の集積増加は、時に高集積域として認められたが、慢性期には集積欠損域、または低集積域へと変化した。したがって、脳血管攣縮寛解後、亜急性期脳梗塞巣に post-ischemic hyperperfusion または、luxury perfusion が生じると考えられた。一方、脳血管攣縮寛解後、亜急性期脳梗塞巣が、delayed image において高集積域として認められる機序については、現在のところ明らかではないが、局所の time-activity curve から血液脳関門の破綻、または血液脳関門を持たない新生血管の存在によって、 $^{123}\text{I}$ -IMP の水溶性代謝物 (hydrophilic metabolites) が亜急性期脳梗塞巣内に集積する可能性があると考えられた。これらの所見より、脳梗塞巣を合併した症例の亜急性期脳循環動態を、 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT によって評価する場合には、病態に対する chronological な考慮が必要と考えられた。

本研究の目的は、クモ膜下出血に続発する脳血管攣縮によって脳循環動態がどの様に変化するかを  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT により評価することであったが、臨床例においてはクモ膜下出血時の primary damage や外科手術の impact、水頭症などによる脳循環動態の変化が脳血管攣縮にオーバーラップすることを常に考慮に入れる必要がある。しかしながら、脳血管攣縮によって引き起こされる神経脱落症状の reversibility に関しては、 $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT による early image および、delayed image による脳虚血の重症度評価が役立つことを示すことができた。 $^{123}\text{I}$ -IMP の脳内 kinetics については、今後さらに研究が必要と考えられるが、 $^{123}\text{I}$ -IMP を用いた非侵襲的な3次元脳循環動態の評価は、脳血管攣縮に影響する諸因子の解明や治療効果の判定に際し、極めて有用と考えられた。

## 結 論

破裂脳動脈瘤に対する急性期手術後に、症候性脳血管攣縮を来した11症例を対象として、経時的に  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT を施行し、以下のことが結論として考えられた。

1.  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT early image によって、脳血管攣縮による局所脳虚血の出現とその領域を高い分解能で同定することが可能と考えられた。
2. Delayed image によって、急性期脳虚血の重

症度評価が可能となり、reversible ischemia と irreversible infarction とを区別することができると考えられた。

3. 脳血管攣縮により脳梗塞を合併した症例の亜急性期脳循環動態を  $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT によって評価する場合には、病態に対する chronological な考慮が必要と考えられた。

## 文 献

- 1) Fazio F, Fieschi C, Cellice M, Nardini M, Banfi F, Possa M, Spinelli F : Tomographic assessment of cerebral perfusion using Single-photon emitter (Krypton-81m) and a rotation gamma camera. J Nucl Med 21 : 1139-1145, 1980
- 2) Geraud G, Tremoulet M, Guell A, Bes A : The prognostic value of noninvasive CBF measurement in subarachnoid hemorrhage. Stroke 15 : 301-305, 1984
- 3) Ishii R : Regional cerebral blood flow in patients with ruptured intracranial aneurysms. J Neurosurg 50 : 587-594, 1979
- 4) Kanno I, Uemura K, Miura S, Miura Y : Quantitative measurements of tomographic regional cerebral blood flow using Xe-133 clearance method and emission tomography (headtome). J Nucl Med 22 : 16, 1981
- 5) Kuhl DE, Wu JL, Lin TH, Selin C, Phelps M : Mapping local cerebral blood flow by means of emission computed tomography of N-isopropyl-p-( $^{123}\text{I}$ )-iodoamphetamine (IMP). J Cereb Blood Flow Metab 1 (suppl 1) : s24- s26, 1981
- 6) Kuhl DE, Barrio JR, Huang SC, Ackermann RF, Lear JL, Wu JL, Lin TH, Phelps ME : Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl-p-[ $^{123}\text{I}$ ]-iodoamphetamine (IMP) tomography. J Nucl Med 23 : 196-203, 1982
- 7) Lassen NA, Henriksen L, Paulson O : Regional cerebral blood flow in stroke by 133 Xenon inhalation and emission tomography. Stroke 12 : 284-288, 1981
- 8) Lassen NA, Henriksen L, Holm S, Barry DI, Paulson OB, Vorstrup S, Rapin J, Le Poncin-Lafitte M, Moretti JL, Askienazy S, Raynaud C : Cerebral blood flow tomography : Xenon 133 compared with isopropyl-Amphetamine-Iodine-123 : concise communication. J Nucl med 24 : 17-21, 1983
- 9) Mickey B, Vorstrup S, Voldby BO, Lindewald H, Harmesen A, Lassen NA : Serial measurement of regional cerebral blood flow in patients with SAH using 133Xe inhalation and emission computerized tomography. J Neurosurg 60 : 916-922, 1984
- 10) Moretti JL, Raynaud C, Askienazy S, Sergeant A, Baron JC, Samusson Y, Sanabria E, Lassen NA, Bourdoiseau M : Clinical applications of brain single photon emission tomography with N-isopropyl-p-iodo-amphetamine I-123 : International conference on radiopharmaceuticals and labeled compounds. IAEA-CN-45/6/1-13, Tokyo, Japan, Oct. 22-26, 1984



- 11) Moretti JL : The diagnosis and prognosis of cerebral vascular diseases using early and late SPECT with N-isopropyl-<sup>123</sup>I-p-amphetamine (IMP) on 35 patients. 核医学 23 : 1121-1124, 1986
- 12) Nakagawara J, Nakamura J, Takeda R, Usami T, Nishiya M, Ide W, Shitamichi M, Okada Y, Fukuoka S, Hashimoto I, Suematsu K : Hypervolemic haemodilution therapy for patients with symptomatic vasospasm after early surgery of cerebral aneurysms. in Auer LM (ed) : Timing of aneurysm surgery. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 1985, pp601-613
- 13) Powers WJ, Grubb RL, Baker RP, Mintun MA, Raichle ME : Regional cerebral blood flow and metabolism in reversible ischemia due to vasospasm ; determination by positron emission tomography. J Neurosurg 62 : 539-546, 1985
- 14) Winchell HS, Baldwin RH, Lin TH : Development of I-123-labeled amines for brain studies : localization of I-123 Iodophenylalkyl amines in rat brain. J nucl Med 21 : 940-946, 1980
- 15) Winchell HS, Horst WO, Braun L, Oldendorf WH, Hattner R, Parker H : N-isopropyl [<sup>123</sup>I] p-iodoamphetamine : single pass brain uptake and washout ; binding to brain synaptosomes ; and localization in dog and monkey brain. J Nucl Med 21 : 947-952, 1980
- 16) Wood JH : hypervolemic hemodilution : Rheologic therapy for acute cerebral ischemia. in Tindall GT, Long DM (eds) : Contemporary Neurosurgery, Baltimore, Williams & Wilkins, 1982, vol.4, no.21, pp 1-6