

# $^{123}\text{I}$ -IMP SPECT による 破裂脳動脈瘤症例の経時的脳循環動態の検討

戸島雅彦、中川原譲二、中村順一、松崎隆幸  
武田利兵衛、和田啓二、末松克美\*

## Evaluation of Serial Hemodynamic Change in Patients with Ruptured Cerebral Aneurysm Using SPECT and $^{123}\text{I}$ -IMP

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

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

Summary : Serial measurements of regional brain perfusion in 26 cases with ruptured cerebral aneurysms were performed by single-photon emission CT (SPECT) using N-isopropyl  $^{123}\text{I}$ -p-iodoamphetamine (IMP). All 26 cases were operated on within 6 days of rupture, and the early and delayed imaging of IMP - SPECT were performed up to 2 ~ 8 months postoperatively.

The early images were obtained 10 minutes after injection of 6mCi IMP and the delayed image 5 hours after injection.

Of the 11 of 23 cases in which the measured was performed from 4 th to 11 th day after aneurysm rupture, local hypoperfusion areas were recognized with high spatial resolution on the early image due to cerebral vasospasm. Seven cases of them revealed low density areas in the affected regions by the follow up X-ray CT, and neurological symptoms appeared in 10 cases. On the other hand 7 cases without hypoperfusion area on the early image revealed no low density area by the X-ray CT, and only one case developed reversible neurological symptom.

After the relaxation of cerebral vasospasm the post-ischemic hyperperfusion area on the early image were noticed in the 2 patients who developed infarction on the X-ray CT due to cerebral vasospasm. In these cases hyperactive areas were revealed on the delayed image within the subacute infarcted areas as well.

Hypoperfusion areas on the early image in patients who developed hydrocephalus were noted in 11 of 15 patients in the fronto temporal cortex and periventricular white matter. The CSF shunt procedure improved hypoperfusion in 5 patients.

### Key words :

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

### はじめに

脳動脈瘤破裂後に生ずる脳血管攣縮や水頭症をはじめとする種々の病態に関して、三次元的に脳循環動態を把握することは、その診断や治療方針の決定

および予後の評価などに極めて有意義と思われる。しかしながら従来の Xe クリアランス法による脳血流測定では局所分解能や脳深部の血流把握に問題があり、PET による  $\text{C}^{15}\text{O}_2$  吸入法などでは施設、装置上の問題から広く普及するに至っていない。一方最

近開発された N-isopropyl-p-iodoamphetamine (以下 IMP) 静注法による single photon emission CT (以下 SPECT) 画像では、高い空間分解能で脳深部までの脳血流分布像が比較的簡便に得られる利点がある。そこで今回われわれは、脳動脈瘤破裂後の患者に対し、経時的に<sup>123</sup>I-IMP-SPECT を施行し、臨床症状、X線 CT などとの対比からその有用性について検討した。

### 対象と方法

対象は脳動脈瘤破裂急性期に搬入され、術後経時的に IMP-SPECT を施行し得た26例で、性別は男性11例、女性15例である。年齢は16歳から78歳(平均50.1歳)である (Table 1)。なお、脳動脈瘤の存在部位は内頸動脈5例、前交通動脈7例、中大脳動脈14例で、術前の神経学的重症度 (Hunt & Kosnik, 付

帯事項考慮せず) は grade I 2例, grade II 4例, grade III 12例, grade IV 8例であった。26例中24例では発症48時間以内に、他の2例は第3および第6病日に急性期手術が施行された。手術に際しては脳槽ドレナージ術を施行し、クモ膜下腔の早期血腫除去に努めた。また脳血管攣縮期には必要に応じて hypervolemic hemodilution therapy を行った<sup>1)</sup>。

SPECT 装置は、島津製リング型エミッション CT HEADTOME SET-031 を用い、高分解能コリメーターを使用した。<sup>123</sup>I-IMP 6mCi 静注10分後に early image を、続いて5時間後に delayed image を各々撮像した。撮像は急から亜急性期には1~2週毎に、また慢性期には2~4週毎に行われ、第11、10病日に死亡した症例6および17を除くと、各症例は術後2~8ヵ月(平均3.8ヵ月) follow され、この間に平均4.1回のIMP-SPECT が施行された(延べ

Table 1 CASE SUMMARY

CASE	AN	Gr.	VASOSPASM		HYDROCEPHALUS		FOLLOW	ADL	
			SYMPTOMS	CT*1	CT*2	SHUNT(DAY)			
1	44M	Rt. MCA	IV	reversible	-	++	V-P(58)	5.5M	III
2	50M	Lt. MCA	IV	irreversible	++	+	V-P(53)	6M	V
3	51F	Rt. MCA	IV	irreversible	+	++	V-P(41)	8M	IV
4	52F	Lt. MCA	IV	irreversible	++	++	V-P(41)	6M	IV
5	36M	Lt. MCA	IV	-	-	+	V-P(122)	5.5M	I
6	46F	Rt. MCA	IV	fatal	+++			12D	V
7	58F	Lt. ICA	IV	reversible	+	+	V-P(31)	2M	III
8	48M	Lt. MCA	IV	reversible	-	-		4M	I
9	61M	Acom	III	-	-	+		6.5M	I
10	73F	Rt. ICA	III	-	-	++	V-P(36)(66)	6.5M	III
11	39M	Acom	III	fatal	+++			12D	V
12	71F	Acom	III	irreversible	++	++	V-P(50)	5M	IV
13	52M	Rt. MCA	III	reversible	-	+	V-P(27)	5M	II
14	46M	Rt. MCA	III	irreversible	+	+		4.5M	III
15	78M	Acom	III	reversible	-	+	V-P(65)	4M	II
16	54M	Lt. ICA	III	-	-	+		3M	I
17	53F	Lt. MCA	III	fatal	+++			11D	V
18	43F	Rt. ICA	III	irreversible	++	++	V-P(34)	2M	IV
19	51M	Acom	III	reversible	+	+	V-P(41)	3M	I
20	44F	Acom	III	-	-	-		2M	I
21	31F	Lt. MCA	II	reversible	-	-		2M	I
22	16F	Lt. ICA	II	-	-	-		4M	I
23	51F	Rt. MCA	II	-	-	-		4M	I
24	40F	Rt. MCA	II	-	-	-		4M	I
25	65F	Rt. MCA	I	-	-	-		4.5M	I
26	63F	Acom	I	-	-	++	V-P(56)	3M	I

\*1 - no LDA  
 + small LDA  
 ++ gyral-lobar LDA  
 +++ hemispheric LDA

\*2 - no ventricular enlargement  
 + mild vent. enlargement  
 ++ marked vent. enlargement

107回)。

経過中原則として術後1～2週に脳血管撮影が施行され、この際認められた脳血管攣縮の評価を参考にして、脳虚血症状を有するものを症候性脳血管攣縮と診断し、その程度を症状の reversibility から reversible, irreversible, fatal の3群に分類した。また X線 CT 上梗塞巣を生じたものは低吸収域の大きさを small, gyral-lobar, hemispheric の3群に、また水頭症による脳室拡大の程度を mild, marked の2群に分類した (Table 1)。

### 結果と症例

第4～11病日に IMP-SPECT を施行し得た23例中11例で early image 上、脳血管攣縮による血流低下

を認め、このうち7例でその後 X線 CT 上に低吸収域の出現を認めた。また10例においては脳虚血症状が出現し、そのうち5例では神経症状が残存した。これに対し同時期の SPECT で正常 pattern を示した7例では低吸収域の出現した例はなく、1例が一過性の虚血症状を呈したのみであった (Table 2)。なお同時期、early image 上、血流低下域を認めるものの脳内血腫などの影響が予測され、必ずしも脳血管攣縮によるものと判断できない症例が5例あった。IMP early image では Xe-SPECT に比し、高い空間分解能で血流低下域の拡がりを把握できた。また、血管攣縮により脳梗塞をきたした例では攣縮寛解期に一致して early image 上、梗塞域に IMP の集積を認めた症例を経験した。以下代表例を呈示する。

Table 2 IMP EARLY IMAGE ON THE DAY 4-11 & CLINICAL COURSE

• IMP EARLY IMAGE	HYPOPERFUSION AREA due to		NORMAL PATTERN
	VASOSPASM	OTHERS	
No. of CASES (total 23)	11	5	7
• CLINICAL COURSE			
(VASOSPASM)			
ASYMPTOMATIC	1	2	6
SYMPTOMATIC			
(reversible)	5	0	1
(irreversible)	2	3	0
(fatal)	3	0	0
• LDA on CT			
—	4	2	7
+	3	1	0
++	1	2	0
+++	3	0	0
TOTAL (23)	11	5	7

Fig. 1 a

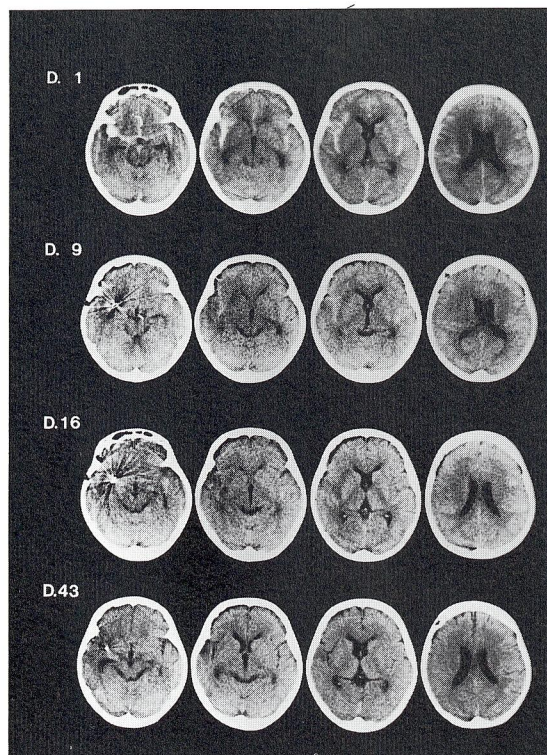


Fig. 1 b

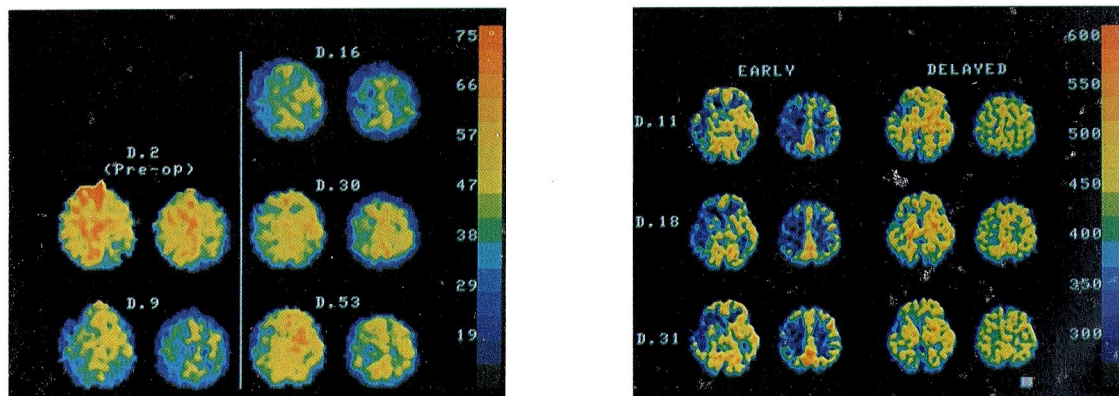


Fig. 1 Case 21. a) Serial Xray CT scans, b) Serial IMP-SPECT & Xe-SPECT

On Day 9, Xe-SPECT revealed left hemispheric reduction of CBF. But IMP early image on Day 11 showed hypoperfusion areas of left MCA territory more clearly, and on Day 31 it showed improved perfusion and residual hypoperfusion area.

〈症例21〉左中大脳動脈瘤 Grade II (Fig.1)  
第9病日に右片麻痺を呈し、血管撮影にて左中大脳動脈水平部に著明な血管攣縮が認められた。同日のXe-SPECTでは血流低下域が左半球性に認められたが、IMP early imageでは血流低下域の分布や程度が脳深部にまでより明確に判読可能であった。また、

delayed imageでは前頭側頭皮質のごく一部に集積低下を認めるのみだった。本症例の虚血症状は一過性でX線CT上も著変を認めなかったが、IMP early imageでは左前頭側頭皮質の一部に血流低下域が比較的長く残存した。一方、delayed imageでは第18病日で既に集積低下域は消失した。

Fig. 2 a

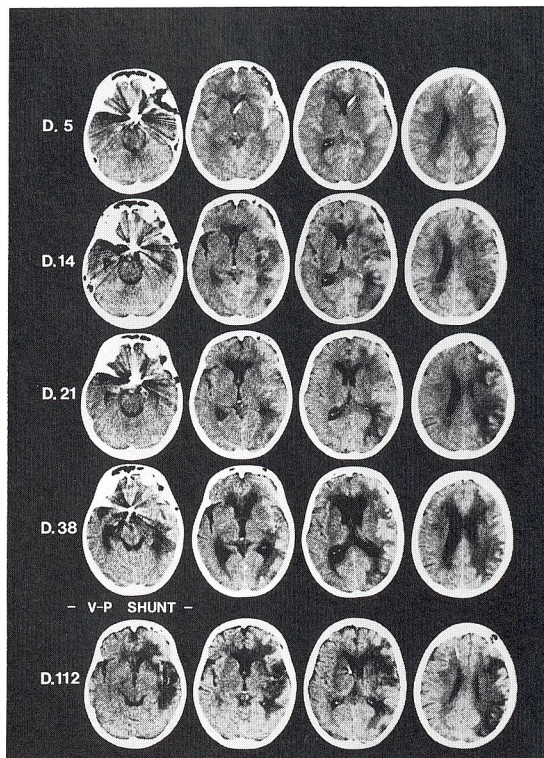


Fig. 2 b

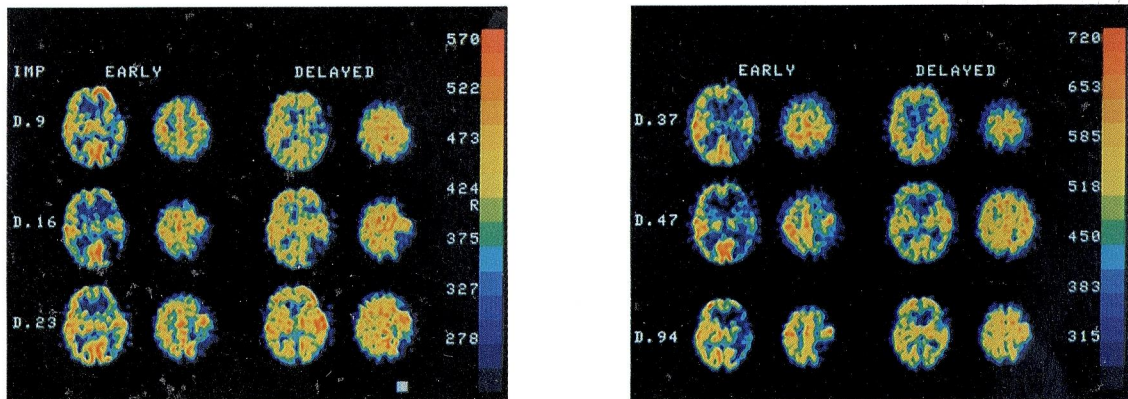


Fig. 2 Case 12. a) Serial X-ray CT scans, b) Serial IMP-SPECT

On Day 16, IMP early image revealed hypoperfusion areas in right frontal, temporal and parietal cortex, and the delayed image showed inactive areas in these regions. On Day 23, an increase of perfusion in the early image and hyperactive areas in the delayed image were noted within the subacute infarcted lesion, but perfusion of in the infarcted area decreased gradually in the chronic stage.

〈症例12〉 前交通動脈瘤 GradeⅢ (Fig.2)  
第8病日より意識障害、左片麻痺が現われ、第14病日にはX線CT上、右前頭側頭葉に広範な低吸収域が認められた。IMP early imageでは第16病日に右前頭側頭頭頂皮質の血流低下を認め、delayed im-

ageでも集積低下域を認めた。第23病日には同部のIMP集積は改善しており、同時期のX線CTでは一部に出血性梗塞の所見を認めている。しかし慢性期には再びIMP集積低下域へと変化した。

Fig. 3 a

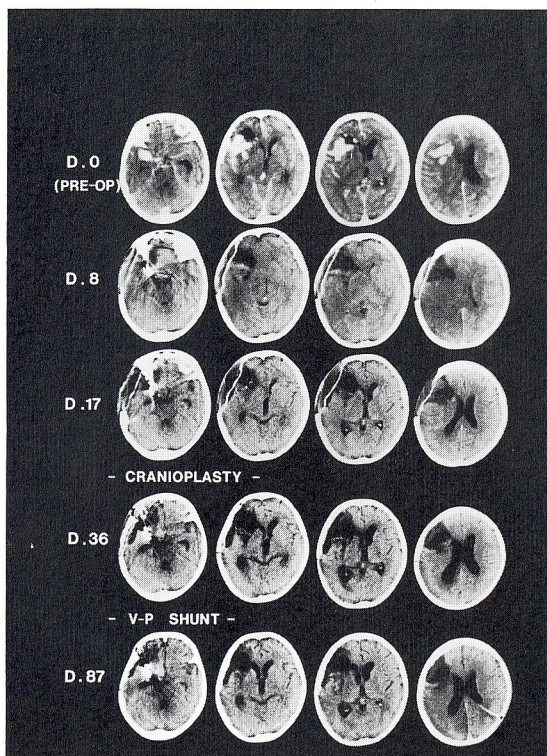


Fig. 3 b

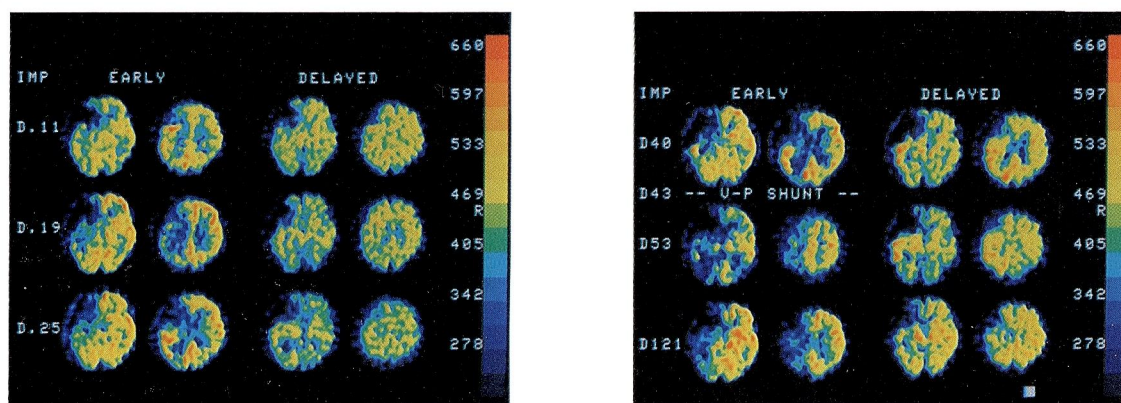


Fig. 3 Case 4. a) Serial Xray CT scans, b) Serial IMP-SPECT

On Day 11, IMP early image showed a hyperperfusion area in left frontal cortex adjacent to the intracerebral hematoma cavity. The early image on Day 19 revealed left hemispheric hypoperfusion but on Day 25 and 49, a hyperperfusion area was noticed in left temporoparietal cortex, and the delayed image as well showed a hyperactive area in this region. This area changed to a hypoperfusion area on Day 53 again.

〈症例 4〉 左中大脳動脈瘤 GradeⅣ (Fig.3)

本例は左前頭葉に脳内血腫を形成しており、術中やむを得ず血腫と挫傷脳の除去を追加した。第8病日頃より意識障害の進行とともに左側頭・頭頂葉に広範な虚血性脳浮腫が認められた。同部はその後X線CT上等吸収域に変化した。が神経症状は改善せず、慢性期には再びCT上、X線吸収値の低下が認められた。

第11病日のIMP-SPECT像ではearlyおよびde-

layed image共に血腫除去部は集積欠損部となっているが、early imageではその周囲に一部高集積域を認めている。第19病日にはIMP early imageにて左側頭頭頂葉を中心に広く集積低下が認められたが、第25および41病日にはこの一部にむしろ高集積を示す部位が描出された。同部は慢性期には再び広範な集積低下域となった。なお、delayed imageでも第41病日には左側頭葉に高集積域がとらえられているが、慢性期には集積低下域へと変化している。

一方、経過中水頭症が出現した15例中11例でIMP-SPECT early imageにて血流低下域が認められ、このうちshunt手術を施行した8例中5例で血流の改善を認めた (Table 3)。血流低下域は主に

脳室周囲白質から前頭側頭皮質に及んだが、脳内血腫や血管攣縮による脳梗塞出現によるIMPの集積低下が存在する例では水頭症による影響がとらえ難い症例も存在した。以下代表例を呈示する。

Table 3 HYDROCEPHALUS & IMP EARLY IMAGE

IMP-SPECT FINDING	No. of CASES	SHUNT OP.	CHANGE of PERFUSION
LOW-PERFUSION of PERIVENTRICLE AREA and/or FRONTOTEMPORAL CORTEX	11	8	5 improved 2 unchanged 1 unknown
OTHERS	4	4	3 unchanged 1 unknown
TOTAL	15	12	

Fig. 4 a

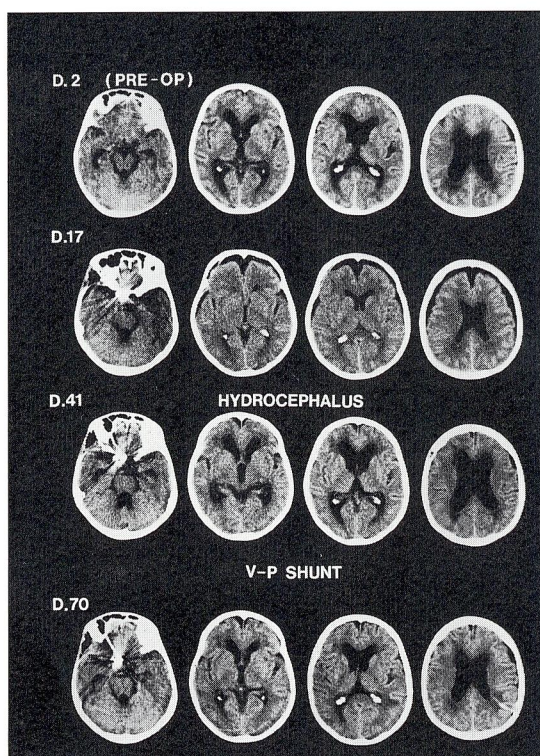


Fig. 4 b

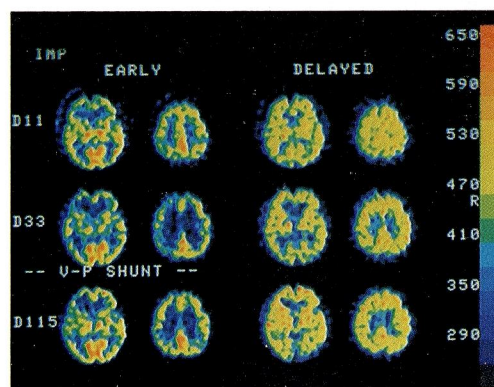


Fig. 4 Case 26. a) Serial X-ray CT scans, b) Serial IMP-SPECT

On Day 33, IMP delayed image revealed dilatation of ventricle, and the early image showed hypoperfusion areas in periventricle white matter and left cerebral cortex. CSF shunt procedure was done on Day 56. The brain perfusion on Day 115 was improved.

〈症例26〉前交通動脈瘤 Grade I (Fig.4)

血管攣縮期には神経症状、SPECT 所見共に何ら異常を認めなかったが、5週目にIMP early imageにて脳室周囲白質から前頭側頭皮質の集積低下が認められた。以後6週目にはX線CT上、明らかな脳室

拡大とPVLを認めV-P shunt術が施行された。IMP early imageでの集積低下は、術後の改善が認められた。なお、delayed imageでは脳室の拡大が読み取れる以外に著変を認めていない。

Fig. 5 a

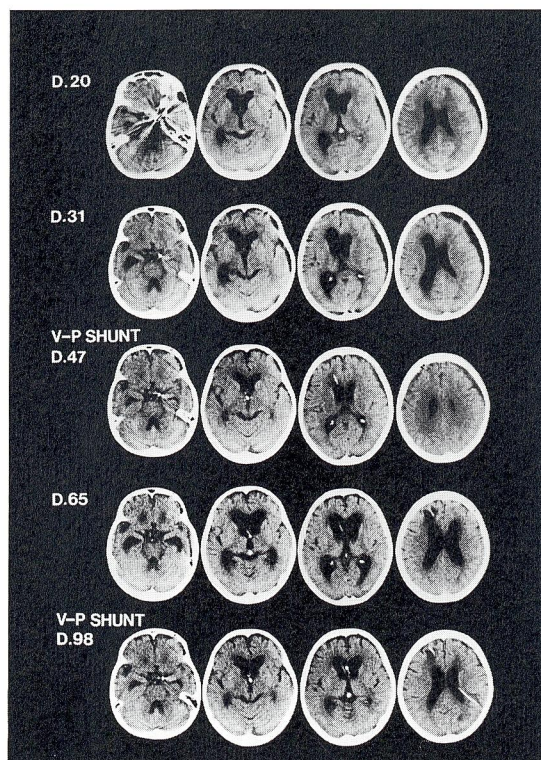


Fig. 5 b

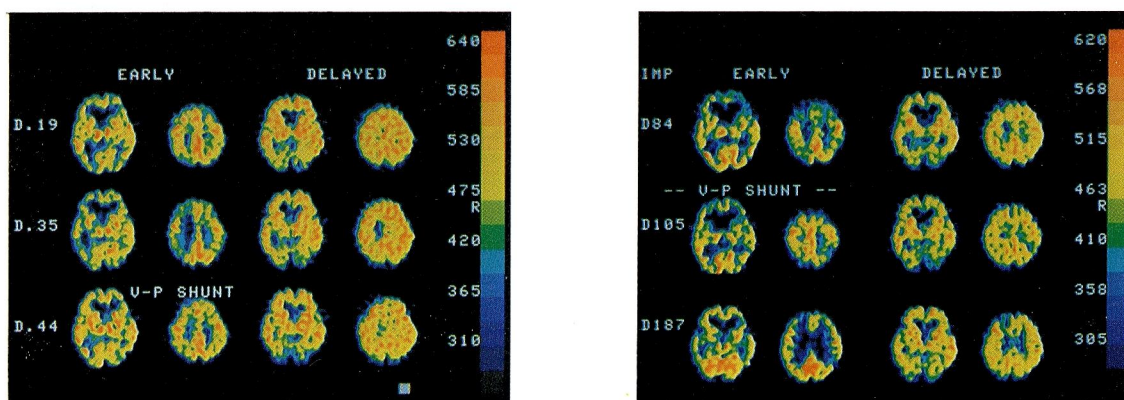


Fig. 5 Case 10. a) Serial X-ray CT scans, b) Serial IMP-SPECT

On IMP early image, hyperperfusion areas were noted in left periventricular region and left frontotemporal cortex on Day 35, and V-P shunt procedure improved the hypoperfusion (Day 44). But on Day 84, hypoperfusion areas appeared in bifrontal cortex again. V-P shunt procedure was done on Day 66, and on Day 105 the early image revealed improved perfusion.

〈症例10〉 右内頸動脈瘤 GradeⅢ (Fig.5)  
5週目に右硬膜下水腫と脳室拡大が認められ左前頭部より V-P shunt 術が施行された。X線 CT 所見は一時改善したが、3週後に再び脳室拡大を認め諸検査より shunt malfunction と診断され、右頭頂部

より V-P shunt 術が追加された。IMP early image では5週目に左前頭側頭皮質の集積低下と shunt 後の回復が認められ、また再度の脳室拡大に伴う両側前頭皮質の集積低下が明瞭に描出されており、再 shunt 後の IMP 集積の改善傾向も認められた。



## 考 察

Winchell らによって開発された<sup>123</sup>I-IMP は脂溶性物質であり、初回循環で局所脳血流に比例して極めて高率に脳組織に取り込まれ、しかも比較的長時間一定の割合で脳組織内にとどまる性質を有している<sup>2)</sup>。この初期分布を示す early image は Kuhl<sup>3)</sup>、Lassen<sup>4)</sup> らにより局所脳血流分布と高い相関を有するとされている。また核種である<sup>123</sup>I が Xe などに比して高エネルギーであることから従来からの SPECT 装置を用いて比較的簡便でかつ非侵襲的に解像力の高い三次元的局所脳血流画像が得られる利点がある<sup>5) 6) 7) 8)</sup>。一方、通常の撮像では脳血流の定量的評価が得られないこと、短時間間隔の反復測定ができないことなどが問題点とされており<sup>8)</sup>、また後述のごとく IMP 自体の脳への集積機序や代謝経路に未だ不明な点があることから、その画像評価に対しては、今後も検討が必要と考えられている。しかし本邦では SPECT 装置の普及や IMP が欧米に先駆けて市販されたことにより、今後その長所を生かして広く利用されるものと思われる。

これまで脳動脈瘤破裂によるクモ膜下出血から脳血管攣縮に至る脳循環動態の経時的研究は主に二次元的局所脳血流測定によるものであった<sup>1) 9) 10) 11) 12)</sup>。それらによると出血急性期より広範な脳血流低下があり、その程度は神経学的重症度とよく相関すること<sup>9) 10)</sup>、血管撮影上の脳血管攣縮の広がりや程度は半球血流量 (mCBF) と全体としては有意な相関があること<sup>11) 12)</sup>、高度な mCBF の低下が見られる症例では主幹動脈のみではなく小動脈の狭窄も見られること<sup>11)</sup>などが報告されてきた。しかし一方で、強度の血管攣縮を呈するにもかかわらず、mCBF には変化の乏しい症例や<sup>12)</sup>、local or peripheral な血管攣縮で mCBF の低下が軽度でも局所の乏血部が高頻度に出現する症例<sup>9) 12)</sup>の存在が指摘されており、脳血管攣縮に伴う脳循環動態が明らかになったとはいえない。これに対して最近では、脳血管攣縮症例に対して PET<sup>13)</sup>や、<sup>81m</sup>Kr 持続注入法<sup>14)</sup>、<sup>133</sup>Xe 吸入法<sup>15)</sup><sup>16)</sup>と SPECT を用いた三次元的な局所脳血流の評価が試みられつつあり、虚血症状や CT 上の低吸収域出現以前に局所の低灌流をとらえ得たとの報告が多い<sup>14) 15) 16)</sup>。今回われわれの検討では<sup>123</sup>I-IMP と SPECT にてとらえ得た局所低灌流域はその後の虚血症状の責任病巣や CT 上の梗塞出現域と極めて良く相関した。また、IMP early image にて正常 pattern を示した例では、神経脱落症状を残したり、

CT 上低吸収域が出現した症例を認めず、いわゆる false negative の所見を認めることはなかった。これは症例 21 において示したように IMP-SPECT では高い空間分解能で (当院での測定ではスライス中心部での半値幅 FWHM は 9 mm) 脳血流分布が示されることに由来すると思われる。また脳血管攣縮の出現や寛解を把握するためには、時期を選択しながら経時的に測定を繰り返す必要があるが、非侵襲的で再現性の高い同法はこの点においても非常に優れている。さらに、全脳的な血流量の変動など血流量の絶対値の測定や、負荷試験など短時間の反復測定を要する場合には、Xe 法など他の測定法と併用することにより、より正確な脳循環動態の把握が可能と思われる。なお、early および delayed image の所見から血管攣縮による脳虚血の重症度評価も可能であると考えており、この点については別報告にて詳述した<sup>17)</sup>。

脳血管攣縮により脳梗塞をきたした症例では経時的な脳循環動態の把握がさらに重要と考えられる。今回われわれは IMP early image にて攣縮寛解期に一致して既に虚血性変化の生じている部位に IMP の再集積を認めた症例を経験した (症例 4、12)。脳血管攣縮寛解期には閉塞性血管障害例の再開通現象に類似して、出血性梗塞の危険が指摘されており<sup>18) 19)</sup>、luxury perfusion などの病態が想定されている。IMP-SPECT において luxury perfusion がとらえ得るか否かはいまだに議論のあるところで、Hill ら<sup>20)</sup>は脳梗塞急性期症例の IMP-SPECT にて hyperemia を呈した例はなかったと報告し、Tanada ら<sup>21)</sup>は PET にて CBF 上昇 OEF 低下の部位に IMP 集積を認めなかったとしている。このようなことから Ackerman ら<sup>22)</sup>は IMP は急性期病態では、脳血流トレーサーとして不適當ではないか、また石川ら<sup>5)</sup>は IMP early image は脳梗塞急性期では必ずしも脳血流量のみを反映しているのではないと述べている。しかし最近 IMP early image にて hyperemia ないしは hyperperfusion をとらえ得たとの報告も散見される<sup>6) 7)</sup>。われわれの症例では、IMP early image 上、脳血管攣縮期に著明な集積低下となり、同時期 X 線 CT 上脳梗塞による変化をすでにきたした部位に、攣縮寛解期に一致して IMP 集積の改善 (症例 12)、または高集積域 (症例 4) を認めており、いずれも慢性期には広範な低集積域へと変化した。これらの所見は代謝面での同時評価は行われていないが、病態として、luxury perfusion の存在が考えられ、いわゆる post-ischemic hyperperfusion をと

らえていると考えられた。

IMP の脳内動態については未だに不明な点が多いがこれまでのところ、1) 局所脳血流分布に比例した脳への取り込み、2) 脳組織への生化学的な結合あるいは保持、3) 遅い洗いだしの三相からなると考えられている<sup>1)</sup>。この際 IMP early image が脳血流分布を意味するか否かの評価を左右するのは第二相と思われる。すなわち脳組織内の IMP に対する結合能力 (あるいは保持能力) が画像に影響を与える点、またいかなる病巣でこの結合能力が低下するかという点が問題となる。IMP の保持能力のない AVM の nidus や血流の豊富な脳腫瘍が集積欠損となる例はよく知られている<sup>5) 6)</sup>。本報告に見るごとく明らかな脳梗塞巣において hyperperfusion がとらえられたということは、梗塞巣でも亜急性期には結合能力または保持能力がある程度保たれているという可能性が考えられた。

いずれにしても、IMP early image により攣縮寛解期の脳の組織血流増加が脳梗塞出現の有無に関わらずとらえられる可能性があり、各症例においてはそれが血流回復による脳虚血の改善なのか、亜急性期脳梗塞における luxury perfusion なのか読影上十分な注意を要すると考えられた。

IMP delayed image についてはその評価はさらに複雑である。いわゆる redistribution のもつ意味のほかに IMP の代謝産物の動態なども加味される必要がある。症例 4 や 12 においては亜急性期に delayed image で脳梗塞巣内に高集積域が認められ、同時期の X 線 CT では著明なエンハンス効果を認めたことから IMP の水溶性代謝産物の集積などが考えられた。

次に SAH 後の水頭症における脳循環動態の検索では、これまで二次元的局所脳血流測定により、NPH に伴う両側半球血流量の低下<sup>23) 24)</sup>、主に前頭部での血流低下や shunt 手術有効例では術後の血流増加<sup>24) 25)</sup>、などが報告されている。また石川ら<sup>13)</sup>は PET にて脳室拡大に相応した白質の血流低下と、大脳半球皮質の虫食い様の変化をきたした症例を、Tamaki ら<sup>25)</sup>は dynamic CT を用い前頭側頭皮質で有意な mean transit time の減少を報告している。今回われわれの症例でも IMP early image にて主に前頭側頭皮質の集積低下を認めた。また脳室自体の拡大の様子は delayed image にてほぼ把握できるのに対して early image では脳室周囲白質に至る広範な集積低下をきたしていることが確認された。Shunt 手術前後の変化については 8 例中 5 例で IMP

early image 上で局所の集積低下域の改善を認めたが 3 例では著変が認められなかった。水頭症のように両側に広範な血流低下をきたしうる病態での経時的変化は脳血流量絶対値の変化も同時に測定することが必要と思われる。また水頭症が顕在化するまでにすでに比較的広範な低集積域を認めた場合には、水頭症による変化自体がとらえにくいことがあり、今後の課題と思われた。

最後に症例 4 の血腫周囲に認められた所見が示すように血管攣縮期以前の急性期においても手術侵襲などによる脳循環動態の変化が存在し、これらが IMP-SPECT にて、いかにとらえるかについても今後さらに検討が必要と思われた。

### おわりに

IMP-SPECT による画像診断は血管攣縮やそれに引き続く脳梗塞、また水頭症における脳循環動態の把握と予後の推定に極めて有用と考えられた。また各症例において、これらの病態が複雑に影響する場合には総合的な判読が必要と思われた。

### 文 献

- 1) 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, pp 601-613
- 2) Winchell HS, Horst WD, Braun L, Oldendorf WH, Hattner R, Parker H: N-isopropyl-<sup>[123I]</sup> p-idoamphetamine: Single-pass brain uptake and washout; Binding to brain synaptosomes; and localization in dog and monkey brain. J Nucl Med 21: 947-952, 1980
- 3) Kuhl DE, Barrio JR, Huang SC, Selin C, Ackermann RF, Lear JL, Wu JL, Lin TH, Phelps ME: Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl-p-<sup>[123I]</sup> idoamphetamine (IMP) tomography. J Nucl Med 23: 196-203, 1982
- 4) Lassen NA, Henriksen L, Holm S, Barry DI, Paulson OB, Vorstrup S, Rapin J, Ie 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
- 5) 石川正恒, 米川泰弘, 山下純宏, 滝 和郎, 小林 映, 鳥塚莞爾, 棚田修二, 米倉義晴, 千田道雄, 西沢貞彦, 福山秀直: <sup>123</sup>I-Iodoamphetamine の臨床的有用性. CT 研究 9: 17-25, 1987
- 6) 藤江 博, 辻本 壮, 陳 鐘伯, 鶴野卓史, 原 暢孝, 塚崎義人, 山本美和子, 白旗信行, 佐崎 章, 井上佑一,

- 越智宏暢, 曾根憲昭, 白馬 明, 西村周郎: N-isopropyl-p-<sup>123</sup>I-iodoamphetamine の臨床応用—HEAD-TOME-II を使用して—. 映像情報 (M) 17 : 563-570, 1985
- 7) 黒崎敦子, 村田 啓, 関要次郎, 相羽 正, 外山比南子: 局所脳血流異常の検出における N-isopropyl-I-123-p-iodoamphetamine の有用性について. 核医学 22 : 1505-1513, 1985
  - 8) 上田 孝, 木下和夫, 渡辺克司, 星 博昭: <sup>123</sup>I-IMP を用いた SPECT による局所脳血流測定. Neurol Med Chir (Tokyo) 26 : 601-607, 1986
  - 9) Ishii R : Regional cerebral blood flow in patients with ruptured intracranial aneurysms. J Neurosurg 50 : 587-594, 1979
  - 10) Meyer CHA, Lowe D, Meyer M, Richardson PL, Neil-Dwyer G : Progressive change in cerebral blood flow during the first three weeks after subarachnoid hemorrhage. Neurosurgery 12 : 58-76, 1983
  - 11) Yamakami I, Isobe K, Yamaura A, Nakamura T, Makino H : Vasospasm and regional cerebral blood flow in patients with ruptured intracranial aneurysm : Serial rCBF studies with the Xenon-133 inhalation method. Neurosurgery 13 : 394-401, 1983
  - 12) 小池哲雄, 小林啓志, 石井鎌二, 伊原郁夫, 亀山茂樹, 竹内茂和: 破裂脳動脈瘤症例における脳血管攣縮の病態分析—第2報—主にその脳循環動態に及ぼす影響と脳梗塞出現への関与について—. Neurol Med Chir (Tokyo) 20 : 1015-1021, 1980
  - 13) 石川正恒, 半田 肇, 米川泰弘, 滝 和郎, 小林 映, 鳥塚莞爾, 比嘉敏明, 棚田修二, 米倉義晴, 藤田 透, 亀山正邦, 福山秀直, 藤本直規: 破裂脳動脈瘤症例におけるポジトロン CT を用いた局所脳血流と脳代謝. Neurol Med Chir (Tokyo) 24 : 309-315, 1984
  - 14) 唐澤 淳, 菊池晴彦, 伊原郁夫, 寺田友昭, 中川原讓二, 高橋伸明, 栗山良紘, 澤田 徹, 香川雅昭, 西村恒彦, 小塚隆弘: 脳血管攣縮時の single photon emission tomography によるクリプトンイメージ. 第11回脳卒中の外科研究会講演集, 1982, pp 65-70
  - 15) Mickey B, Vorstrup S, Voldby B, Lindewald H, Harmsen A, Lassen NA : Serial measurement of regional cerebral blood flow in patients with SAH using <sup>133</sup>Xe inhalation and emission computerized tomography. J Neurosurg 60 : 916-922, 1984
  - 16) 上田 孝, 木下和夫, 中内幹雄, 渡辺克司, 星 博昭: Single photon emission CT を用いた脳動脈瘤破裂後の局所脳血流量と局所脳血液プールの測定. 第14回脳卒中の外科研究会講演集, 1985, pp 405-410
  - 17) Nakagawara J, Nakamura J, Matsuzaki T, Takeda R, Wada K, Toshima M and Suematsu K : Assessment of hemodynamic changes due to delayed cerebral vasospasm in subarachnoid hemorrhage using SPECT and <sup>123</sup>I-IMP, In Wilkins RH (ed) : The proceeding of the 1987 research conference on cerebral vasospasm. Raven Press, New York, 1988
  - 18) 大田英則, 安井信之, 鈴木明文, 伊藤善太郎: 脳血管攣縮に続発する出血性梗塞. Neurol Med Chir (Tokyo) 22 : 716-724, 1982
  - 19) Terada T, Komai N, Hayashi S, Moriwaki H, Hyoutani G, Uematu Y, Karasawa J, Kikuchi H : Hemorrhagic infarction after vasospasm due to ruptured cerebral aneurysm. Neurosurgery 18 : 415-418, 1986
  - 20) Hill TC, Magistretti PL, Holman BL, Lee RGL, O'Leary DH, Uren RF, Royal HD, Mayman CI, Kolodny GM, Clouse ME : Assessment of regional cerebral blood flow in stroke using SPECT and N-isopropyl- (I-123) iodoamphetamine. Stroke 15 : 40-45, 1984
  - 21) Tanada S, Yonekura Y, Senda : Regional distribution of N-isopropyl-p- (I-123) iodoamphetamine in cerebrovascular disease compared with regional cerebral blood flow and oxygen metabolism. J Cereb Blood Flow Metabol 5 (Supple 1) : 563-567, 1985
  - 22) Ackerman RH : Of cerebral blood flow, stroke and SPECT. Stroke 15 : 1-4, 1984
  - 23) Hayashi M, Kobayashi H, Kawano H, Yamamoto S, Maeda T : Cerebral blood flow and ICP patterns in patients with communicating hydrocephalus after aneurysm rupture. J Neurosurg 61 : 30-36, 1984
  - 24) 馬場元毅, 竹山英二, 別府俊男, 神保 実, 喜多村孝一: 正常圧水頭症—第2報—透過阻止率及び局所脳血流量測定による脳障害の重篤度の評価—. 脳神経 30 : 697-703, 1978
  - 25) Tamaki N, Kusunoki T, Wakabayashi T, Matsumoto S : Cerebral hemodynamics in normal-pressure hydrocephalus. Evacuation by <sup>133</sup>Xe inhalation method and dynamic CT study. J Neurosurg 61 : 510-514, 1984