



Title	Intraarterial Digital Subtraction Angiographyによる脳循環動態の解析-虚血性脳疾患を中心として-
Author(s)	塚本, 浩
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(12), p. 1404-1414
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17525
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Intraarterial Digital Subtraction Angiography に よる脳循環動態の解析

—虚血性脳疾患を中心として—

聖マリアンナ医科大学放射線医学教室 (主任：藤井正道教授)

塚 本 浩

(昭和61年9月24日受付特別掲載)

(昭和61年10月14日最終原稿受付)

Intraarterial Digital Subtraction Angiography Analysis of Cerebral Circulation by Intraarterial Digital Subtraction Angiography

Hiroshi Tsukamoto

Department of Radiology, St. Marianna University School of Medicine

Research Code No. : 503.4

Key Words : *Digital subtraction angiography, IADSA,
Cerebral circulation, Cerebrovascular ischemia,
Transfer function*

To evaluate cerebral circulation by intraarterial digital subtraction angiography (IADSA), a transfer function of each hemisphere was derived from the input and output curves observed at the internal carotid arteries and the cortical cerebral veins. Fourteen controls and 40 patients with cerebrovascular ischemia (37 cerebral infarction and 3 transient ischemic attack) were analyzed. Intraarterial digital subtraction angiography was obtained with the catheter tip placed in the ascending aorta. Twenty ml of Metrizamide (280 mgI/ml) was injected at the rate of 7 ml/sec.

Δ P_T, the peak time discrepancy of transfer functions in hemispheres, of control group was no longer than 0.3 sec, and diseased group was 0.69 ± 0.40 sec. There was close relationship between the Δ P_T and a number of attacks, severity of symptoms, and the size of lesions on CT. Nine cases with ischemic symptoms without definite abnormalities on CT showed delayed peak time on the symptomatic side.

As a conclusion, this method is useful for evaluation of impairment of the capillary beds of cerebral hemispheres.

1. 緒 言

虚血性脳疾患においては、脳循環および脳代謝がその病態生理を理解する上で極めて重要であり、Ketty & Schmidt (1945) が N₂O 法を開発以来、種々の方法が開発、検討されてきた^{1)~9)}。脳実質の循環動態の解析については、ヨード系造影剤を用いた Dynamic CT による多くの報告がある^{10)~15)}。しかし、CT に比し、空間、時間、及び

濃度分解能に優れている Digital Subtraction Angiography (以下 DSA と略す) を用いての脳実質血管系の循環動態についての研究報告は少なく¹⁶⁾¹⁷⁾、しかも、これらは総て静注 DSA (以下 IVDSA と略す) による解析であり、IVDSA よりもさらに時間、濃度分解能に優れている動注 DSA (以下 IADSA と略す)^{18)~23)} による研究報告はみられない。本研究では、IADSA を用い、少量の造影

剤使用にて精度の高い時間—濃度曲線が得られたので、さらに伝達函数 (transfer function) を用い左右大脳半球における脳実質の毛細血管床 (capillary bed) の応答としての peak time とその左右差とを求め、対照群と虚血性脳疾患群とを比較した。尚、IADSA 所見と臨床症状、および CT 所見との比較検討も行った。本法によって求めた虚血性脳疾患の左右大脳半球の伝達函数の peak time の左右差 (以下 Δ PPT と略す) は対照群に比し大きく、 Δ PPT と虚血性脳疾患群の重症度との間に有意の相関がみられた。従って本法によって得られた Δ PPT は障害された脳実質の毛細血管床や側副血行路における循環動態を示す一つのパラメーターとして有用と考えられたので、若干の考察を加えて報告する。

2. 対 象

昭和59年6月より、昭和61年1月まで、聖マリアンナ医科大学病院に入院した患者54例を対象とし、対照群と虚血性脳疾患群とに大別した (Table 1)。尚、これら対象に右側大動脈などの血管奇形はみられなかった。

i) 対照群：神経学的異常が見られず、CTや脳血管撮影上でも異常の見られなかった患者で、頭蓋内器質的病変の否定の目的で、脳血管撮影にて IADSA が行われた14例を対照とした。その内訳は Table 1 の如くで、そのうち男性は4例、女性は10例で、年齢は22歳から80歳まで、平均49.2歳であった。

ii) 虚血性脳疾患群：臨床症状及びCT所見にて虚血性脳疾患と診断され、脳血管撮影にて IADSA の行われた40例を対象とした。尚、IADSA は発作後1カ月以降に施行した。全例に血管撮影上、総頸動脈および内頸動脈の閉塞や強度の狭窄例はみられなかった。内訳は Table 1 に示す如く脳梗塞37例、TIA 3例であった。そのうち男性は30例、女性は10例で、年齢は23歳から71歳まで、平均53.2歳であった。

3. 方法、装置

通常の脳血管撮影時に、セルジンガー法にて挿入されたカテーテル先端を上行大動脈近位部におき、メトリザマイド (280mgI/ml) を7ml/秒、合

Table 1 Materials

Control group (No objective neurological abnormality)	14 cases
Vertigo	7
Convulsion attack	2
Headache	1
Transient amnesia	1
Diabetic ptosis	1
Neurosis	1
Benign neck tumor	1
Cerebrovascular ischemia	40 cases
Cerebral infarction	37
TIA	3
Total	54 cases

TIA : Transient ischemic attack.

(May, 1984~January, 1986)

計20ml注入した。日本アビオニクスAngioimagerを用い、連続モードにて頭部正面像を撮影した。デジタルメモリーDMM40に、毎秒3コマ、計40コマ、約13秒間記録した。得られた画像より、関心領域 (ROI) を両側内頸動脈岩様部及び頭頂部皮質静脈に他の血管と重ならないように設定した (Fig. 1)。画像処理装置 TVIP2000Z 及びそのホストコンピューターEclipseを用いて、これら関心領域での造影剤の濃度変化から各時間毎の時間—濃度曲線を作成した (Fig. 2)。更に得られた時間濃度変化より、内頸動脈を入口、頭頂部皮質静脈を出口とした毛細血管床 (capillary bed) を一つの系として伝達函数を求め (Fig. 3)、左右の peak time と Δ PPT とを得た。得られた peak time と Δ PPT とについて、対照群と虚血性脳疾患群との比較及びこれらと臨床症状、脳虚血発作の回数、更にCTにおける低吸収域病変の大きさ等との関係について検討した。尚、CTは眼窩—外耳道線に平行に1cm間隔1cmスライス巾でスキヤンがおこなわれた。低吸収域病変の大きさの評価は画像上での低吸収域病変の径および上下スライス面への広がり測定した。又、 Δ PPTについて、対照群では左右の peak time の差の絶対値を用いた。又、左右何れか一侧の大脳半球病変の決定は臨床症状及びCT所見から判断し、左右差については病側の peak time から対側の peak time をひいて求めた。又、両側大脳半球に病変のある



Fig. 1 ROIs for petrous portion of ICA (1 and 2), and cortical cerebral veins (3 and 4).

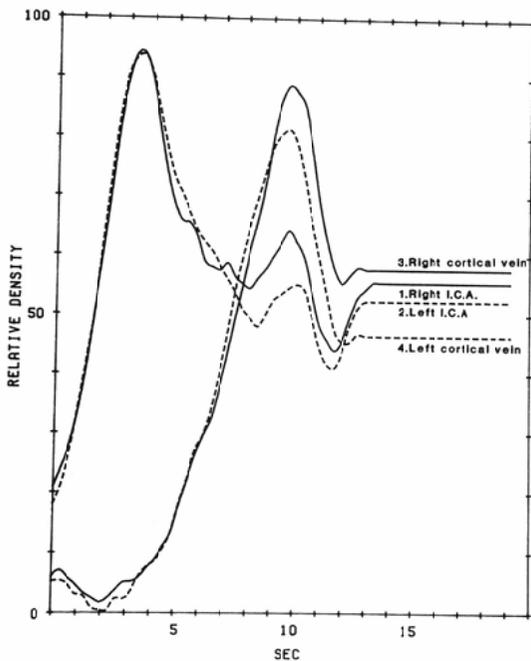


Fig. 2 Time-density curve of vessels. 56 years old male with lt. hemiparesis, but no definite low density lesion on CT.

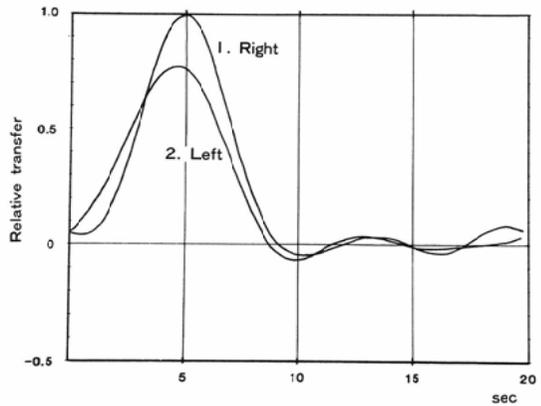


Fig. 3 Transfer function of capillary bed of cerebral hemispheres. These curves were derived from time-density curve (Fig. 2). Δ PT is 0.4sec, peak time of the right side is longer than the left.

4. 結果

対照群と虚血性脳疾患群の左右大脳半球伝達函数の平均 peak time を (Table 2) に、左右差 (Δ PT) の平均値を (Table 3) に示す。平均 peak time 及び SD は、対照群では右側が 4.10 ± 0.78 秒、左側が 4.18 ± 0.80 秒であるが、虚血性脳疾患群では、右側病変側は 5.13 ± 1.22 秒、左側病変側は 5.49 ± 0.90 秒で対照群に比し延長していた (Table 2)。平均 Δ PT について、対照群は、 0.14 ± 0.10 秒

群では、症状の強い側、又は CT での病変の大きい側の peak time から対側の peak time をひいて求めた。

Table 2 Mean peak time of transfer function of cerebral hemisphere

		mean peak	time±SD(sec)
Control	(n=14)	Right	4.10±0.78
		Left	4.18±0.80
Cerebrovascular ischemia			
Right hemispheric lesion	(n=14)	Right	5.13±1.22
		Left	4.48±0.75
Left hemispheric lesion	(n=15)	Right	4.77±1.16
		Left	5.49±0.90
Both hemispheric lesions	(n=11)	Right	4.89±0.86
		Left	4.81±0.73

(Detection of affected side by clinical symptoms and CT findings.)

Table 3 Mean ΔPT of transfer function

group	mean	ΔPT±SD(sec)
Control (n=14)		0.14±0.10
Cerebrovascular ischemia		
Right lesion (n=14)		0.66±0.65
Left lesion (n=15)		0.72±0.55
Both lesions (n=11)		0.46±0.28

ΔPT: (Rt. peak time—Lt. peak time) for Rt. lesion, (Lt. peak time—Rt. peak time) for Lt. lesion, (Peak time of severe side—peak time of the other side) for both lesions.

(Detection of affected side by clinical symptoms and CT findings.)

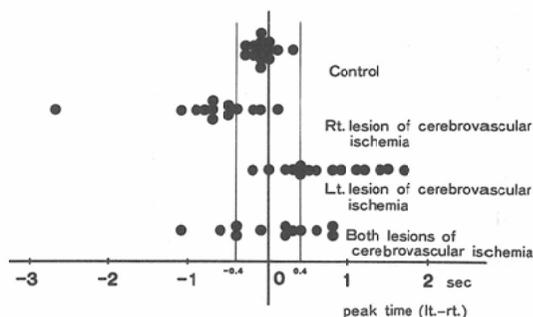


Fig. 4 ΔPT of transfer function of cerebral hemisphere.

と極めて短い。虚血性脳疾患群では、右側病変で0.66±0.65秒、左側病変で0.72±0.55秒であり対側に比し延長を示し、対照群よりもΔPTが大きかった (Table 3)。各群の peak time の左右差 (左側—右側) の分布をみると、対照群は全例-0.4秒から+0.4秒の間に集中していた (Fig. 4)。また、虚血性脳疾患群の右側病変では-0.4秒以下に分布し、左側病変では0.4秒以上に分布しており、病側の peak time が対側に比し遅延していた (Fig. 4)。Fig. 5a-5b は対照群と一側脳半球に虚血性病変のある群の ΔPT の累積頻度図表で、ΔPT が-0.4秒以下及び+0.4秒以上を異常とすると、+0.4秒及び-0.4秒での対照群の false positive は一例もみられなかった (Fig. 5a-5b)。これより、ΔPT の絶対値が0.4秒未満を正常範囲として各群を分類した (Tables 4-9)。脳梗塞群の ΔPT は、37例中27例 (72%) が0.4秒以上であった。一過性脳虚血発作 (TIA) 群は3例と少ないがうち1例

が0.4秒以上の ΔPT を示した (Table 4)。両側脳梗塞を除く右側及び左側脳梗塞群では、それぞれ13例中10例 (77%) で病側の ΔPT が0.4秒以上を示した (Table 5)。又、脳虚血発作回数との関係を見ると、発作回数2回の群では4例全例で ΔPT が0.4秒以上であり、3回以上の群では3例全例で ΔPT が0.6秒以上だった (Table 6)。又、臨床症状との関係では、運動麻痺、知覚障害、構語障害の何れか二症状を持つ群では、17例中13例 (66%) の ΔPT が0.4秒以上を示し、三症状全てを持つ群では3例全例が0.6秒以上の ΔPT を示した (Table 7)。CT における低吸収域病変の大きさとの関係では、中等度の大きさを持つ群では7例中5例 (72%) の ΔPT が0.4秒以上を示し、広範な病巣を持つ群では5例全例が0.6秒以上の ΔPT を示した (Table 8)。又、CT において低吸収域病変の見られなかった虚血性脳疾患群11例のうち9例 (82%) で、臨床的に疑われた大脳半球側の peak time が0.4秒以上の遅延を示した (Table 9)。

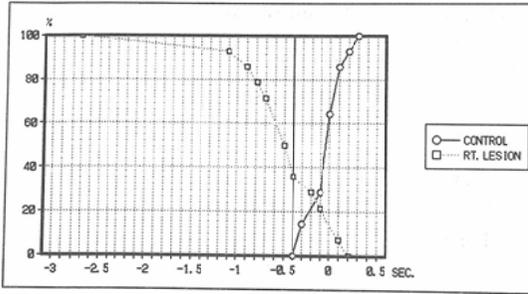


Fig. 5a Comparison of control and patients with right hemispheric ischemia.

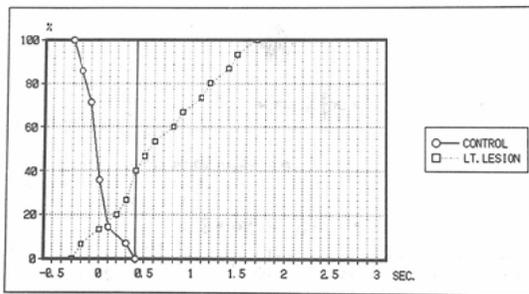


Fig. 5b Comparison of control and patients with left hemispheric ischemia.

Fig. 5a-5b Relation between Δ PPT and cumulative frequency, comparison of control and patients with cerebro-vascular ischemia, except for both hemispheric lesions.

両側大脳半球に虚血性病変のある群では、peak time は対照群に比し延長が見られるが、 Δ PPT は平均 0.46 ± 0.28 秒で (Table 3), Δ PPT の分布にばらつきがみられた (Fig. 4). Fig. 6a-6c は 2 回の脳梗塞発作を経験した左片麻痺と構語障害を症状とする 68 歳男性で、CT にて右側頭葉から右頭頂葉にかけて広い低吸収域がみられた。右総頸動脈撮影では、右中大脳動脈およびその分枝は全体に

Table 4 Δ PPT of transfer function of materials

group	Δ PPT < 0.4 sec	0.4 sec \leq Δ PPT	total
Control	14 cases (100%)	0 case	14 cases
Cerebrovascular ischemia	12 (30%)	28 (70%)	40
Cerebral infarction	10 (28%)	27 (72%)	37
TIA	2 (67%)	1 (33%)	3

TIA : Transient ischemic attacks.

Table 5 Δ PPT of transfer function of patients with cerebral infarction

affected side	Δ PPT < 0.4sec	0.4sec \leq Δ PPT	Total
Right	3 cases (23%)	10 cases (77%)	13 cases
Left	3 (23%)	10 (77%)	13
Both	4 (36%)	7 (64%)	11
Total	10 (27%)	27 (73%)	37

(Detection of affected side by clinical symptoms and CT findings.)

細く、造影もおこなれていたが、明らかな閉塞は見られなかった。この症例の Δ PPT は 2.7 秒と右側の peak time の遅延が著明であった。

5. 考 案

虚血性脳疾患では、病巣部の脳血管抵抗の増大に伴い血流量の減少、酸素消費量の低下が認められる⁵⁾。更に、虚血部位では、側副血行を介する血流によって病巣部の機能が保たれていると考えられ²⁴⁾、病変部位の虚血を補う側副血行路の発達の問題となる²⁵⁾。脳実質の循環動態の測定、解析は、適切な側副血行路の発達や脳の虚血巣の毛細血管床の状態を知る上で有用である¹⁷⁾。非拡散性物質である水溶性ヨード系造影剤を用いての脳循環の解析は、Greitz により最初に報告され、脳血管撮影法を用いて頭蓋内循環時間が測定された⁹⁾。脳実質の循環動態の解析については、Dynamic CT

Table 6 Correlation between Δ PPT and number of ischemic attacks

attack	Δ PPT < 0.4sec	0.4sec \leq Δ PPT < 0.6sec	0.6sec \leq Δ PPT	Total
Single	6 cases (32%)	5 cases (26%)	8 cases (42%)	19 cases
2 times	0	1 (25%)	3 (75%)	4
Over 2 times	0	0	3 (100%)	3
Total	6 (23%)	6 (23%)	14 (54%)	26

(Patients with cerebral infarction, except for both hemispheric lesions.)

Table 7 Correlation between Δ PT and grade of symptoms

grade	Δ PT < 0.4sec		$0.4\text{sec} \leq \Delta$ PT < 0.6sec		$0.6\text{sec} \leq \Delta$ PT		Total
I	2 cases	(33%)	2 cases	(33%)	2 cases	(33%)	6 cases
II	4	(24%)	4	(24%)	9	(52%)	17
III	0		0		3	(100%)	3
Total	6	(23%)	6	(23%)	14	(54%)	26

Symptoms : Paresis, sensory disturbance and aphasia.

grade I : Patients with one of symptoms.

grade II : Patients with 2 of symptoms.

grade III : Patients with 3 of symptoms.

(Patients with cerebral infarction, except for both hemispheric lesions.)

Table 8 Correlation between Δ PT and size of low density lesions on CT

size	Δ PT < 0.4sec		$0.4\text{sec} \leq \Delta$ PT < 0.6sec		$0.6\text{sec} \leq \Delta$ PT		Total
Negative	1 case	(11%)	2 cases	(22%)	6 cases	(67%)	9 cases
Small	3	(60%)	2	(40%)	0		5
Medium	2	(28%)	2	(28%)	3	(44%)	7
Large	0		0		3	(100%)	3
Total	6	(23%)	6	(23%)	12	(54%)	24

Negative: No definite low density lesion in intracranial space.

Small; Diameter of low density lesions < 1cm.

Medium: Diameter of low density lesions \geq 1cm.

Large: Diameter of low density lesions \geq 3cm.

(Patients with cerebral infarction, except for both hemispheric lesions.)

Table 9 Correlation between Δ PT and CT finding

	Δ PT				Total
	(-)		(+)		
CT(-)	2 cases	(18%)	9 cases	(82%)	11 cases (38%)
CT(+)	6	(33%)	12	(67%)	18 (62%)
Total	8	(28%)	21	(78%)	29

(Δ PT(+): Δ PT \geq 0.40 sec)

(CT(+): Low density lesion in a cerebral hemisphere.)

(Patients with cerebrovascular ischemia, except for both hemispheric lesions.)

及び DSA を用いた報告が見られる^{10)~17)}, DSA は CT に比し, 時間, 空間そして濃度分解能ともに優れ, これより得られる時間一濃度曲線の精度は高い¹⁹⁾²⁶⁾. しかし, DSA による脳の循環動態の解析についての報告は少なく^{16)~18)26)}, 脳実質の循環動態の解析は, Kwan, Seeger らが IVDSA を用いて行ったが¹⁶⁾¹⁷⁾, IADSA を用いての脳実質の循環動態の解析は行われていない. IADSA は,

IVDSA に比し多くの長所が認められている^{18)~23)}. 即ち, 画像が鮮明であり, 従来の血管撮影に比し空間分解能ではやや劣るものの 1mm 以上の血管については十分に判別可能であり, 又時間, 濃度分解能に優れるために, 少量の造影剤で良好な時間一濃度曲線が得られ, 解析が容易でありその精度も高い¹⁸⁾. これらの長所を利用して黒木らは IADSA を用いて, 総頸動脈, 頸静脈に関心領域を設定し, 頭蓋内平均循環時間を測定している¹⁸⁾. これらの報告例では, 非拡散性物質として血管刺激物質であるイオン性ヨード系造影剤が用いるが, これら造影剤は血流に影響を与えられている^{27)~30)}. したがって, 時間一濃度曲線に少なからず影響を及ぼすと思われる. 本法では, イオン性水溶性ヨード系造影剤に比し血管への刺激のより少ない非イオン性水溶性造影剤^{27)~30)}を使用し, IADSA により作成された精度の高い時間一濃度曲線から, 伝達函数 (Transfer Function) を用い

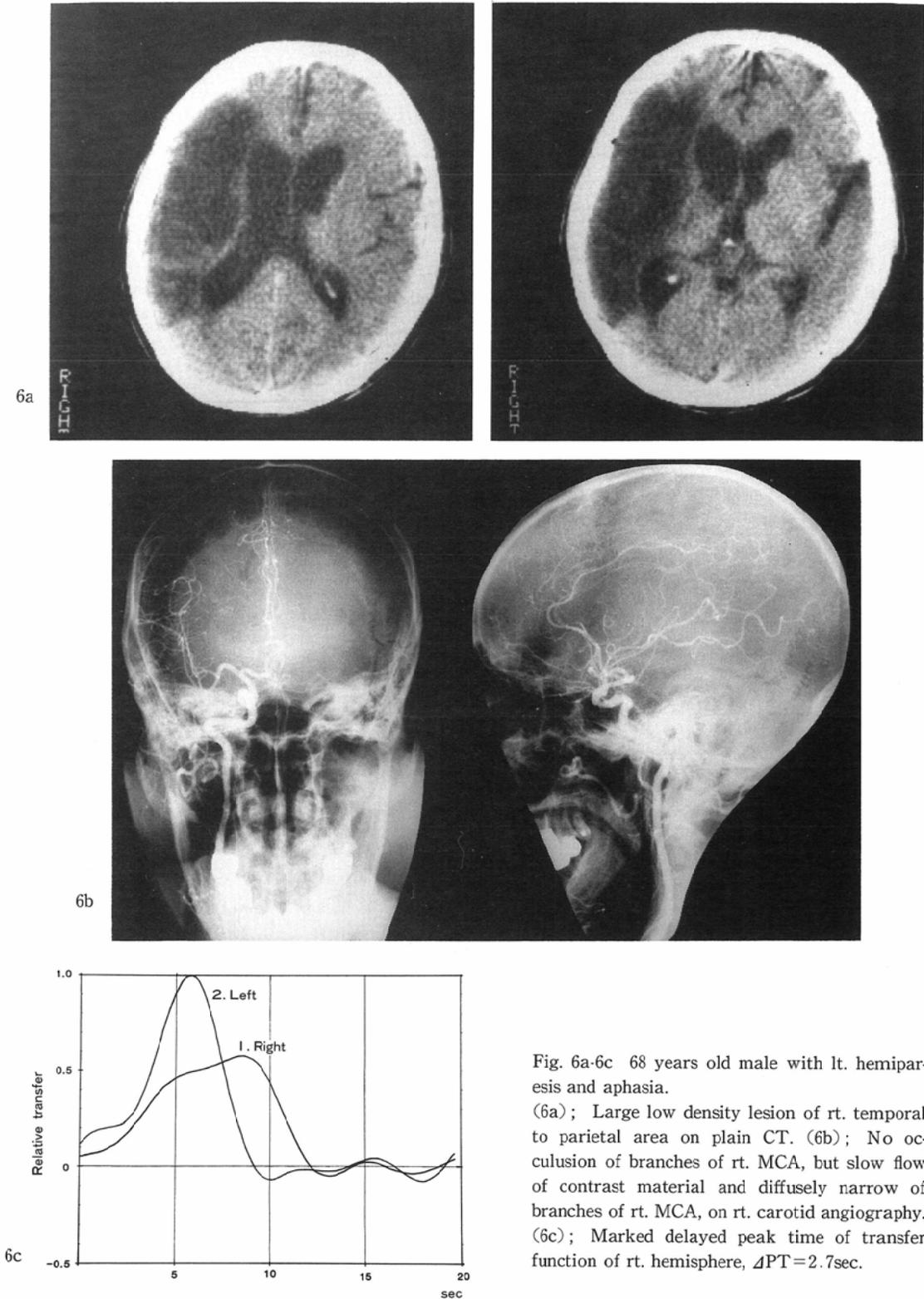


Fig. 6a-6c 68 years old male with lt. hemiparesis and aphasia.

(6a); Large low density lesion of rt. temporal to parietal area on plain CT. (6b); No occlusion of branches of rt. MCA, but slow flow of contrast material and diffusely narrow of branches of rt. MCA, on rt. carotid angiography. (6c); Marked delayed peak time of transfer function of rt. hemisphere, Δ PPT=2.7sec.

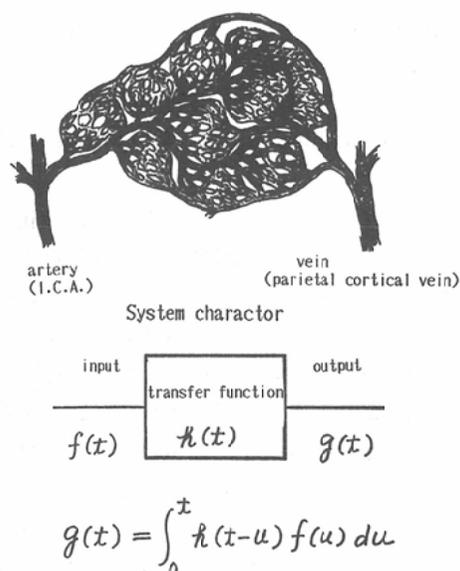


Fig. 7 Illustration of mechanism of transfer function.

$f(t)$; input function. $g(t)$; output function.
 $h(t)$; transfer function. t ; time.

て、左右大脳半球の脳実質の毛細血管床の応答としての peak time を求めた。伝達函数は、動脈を入力、静脈を出力とする一つの系において、その系の毛細血管床の応答特性を表すものとして (Fig. 7)³¹⁾すでに¹³¹I-Hipran, ^{99m}Tc-DTPA を用いての腎機能の解析、評価に用いられている^{32)~34)}。動脈から静脈に至る経路全体 (血管床) を系と考えると、動脈および静脈の時間濃度曲線は、それぞれ系への入力函数 $f(t)$ および系からの出力函数 $g(t)$ であり、伝達函数 $h(t)$ は系即ち血管床での造影剤の通過時間の分布を表すものと考えられる³¹⁾ (Fig. 7)。本研究では、内頸動脈を入力、頭頂部皮質静脈部を出力として、大脳半球において、主として前大脳動脈、中大脳動脈領域の毛細血管床の応答特性を求め、その peak time と左右差 ΔPT について解析、検討した。

Kwan, Seeger らのように脳実質部に広く関心領域を設定して解析を行う場合¹⁶⁾¹⁷⁾、血管を避けて脳実質部だけの造影剤の濃度変化を得ることは不可能であり、その時間-濃度曲線には関心領域内の動脈、静脈の要素が少なからず入り込むが、

本法を用いることにより脳実質の毛細血管床を造影剤が通過する応答特性として確実に補えられる事ができる。対照群における平均 ΔPT は 0.14 ± 0.10 秒で (Table 3), 14 例全てが 0.4 秒未満であり (Table 4) (Fig. 4), 累積頻度図表 (Fig. 5a-5b) から peak time の左右差の絶対値が 0.4 秒未満を正常とした。IVDSA を用いた Kwan らの正常群の平均左右差は、前大脳動脈領域で 0.140 ± 0.119 秒, 中大脳動脈領域で 0.152 ± 0.146 秒であり¹⁷⁾、本法で得られた値と近似していた。方法も造影剤も異なるのに値が近似していたのは、脳灌流圧、化学因子、神経因子や血液粘稠度などいろいろな要素の影響を受ける peak time ではなく、左右の peak time の差について検討したためにこれらの peak time に影響を及ぼす要素の大部分が除かれたためと考えられる。Dynamic CT を用いた場合でも正常群の脳実質の時間-濃度曲線は左右対称であり¹⁰⁾、正常の大脳半球の局所脳血流量は、年齢に係わらず左右差の無いこと³⁵⁾が報告されており、大脳半球の脳循環に左右差が殆ど無い事はこれらの報告と一致する。

虚血性脳疾患群では ΔPT は増大し、40 例中 27 例 (70%) が 0.4 秒以上の遅れを示した (Table 4)。右側大脳半球病変の平均 ΔPT は 0.66 ± 0.55 秒で、左側大脳半球病変の平均 ΔPT は 0.72 ± 0.55 秒と病側大脳半球側の peak time は健常側に比し遅延した (Table 3)。虚血性脳疾患では病巣部の血管低抗は増大し、脳血流量は減少するとともに、病巣部周辺では灌流圧が低下し、高い血管抵抗の側副血行路を介する血流により病巣部の機能が保たれている¹⁵⁾²⁴⁾。そのため、局所の循環血流量や代謝は低下する^{1)~4)}。そして、病巣側の時間-濃度曲線は平坦化し、peak time は遅延すると考えられている^{11)~17)}。本法に於いて、血管床の伝達函数は、系即ち毛細血管床を通過する造影剤の通過時間の分布を示し、伝達函数の peak time は、造影剤の系の通過時間の代表値と考えられる³¹⁾。又、系の中には数多くの経路が存在するが、虚血性脳疾患における毛細血管床の障害はどの経路にも一様に障害が生じているのではなく、経路ごとに多様な変化がおきている。これら個々の経

路の特性の多様性を伝達函数の peak time が反映していると考えられる。内頸動脈に強い狭窄または閉塞のある側の脳半球の peak time は対側に比し、中大脳動脈領域では 0.653 ± 0.379 秒、前大脳動脈領域では 0.158 ± 0.159 秒、さらに症状のある群では中大脳動脈領域 1.310 ± 0.137 秒、前大脳動脈領域 0.525 ± 0.079 秒で病側の遅延が見られ、症状のある群での病側の遅延がより著明であったと Kwan らは報告した¹⁷⁾。本研究の対象に内頸動脈の強度の狭窄や閉塞をもつ例は含まれていないが、臨床症状の強い群では ΔPT が増加し、運動麻痺、知覚障害、構語障害の全てを持つ群では 3 例全例が 0.6 秒以上の ΔPT を示した (Table 7)。又、CT における梗塞巣の大きい例では血流量の低下¹⁶⁾、頭蓋内循環時間の延長が報告されている¹⁸⁾。本研究の結果でも CT での病変の大きい程 ΔPT が増加する傾向にあり、広範な低吸収域病変を持つ群 5 例全例の ΔPT が 0.6 秒以上だった (Table 8)。又、脳虚血発作を 3 回以上おこした群 3 例全例が 0.6 秒以上の ΔPT を示した (Table 6)。Fig. 6a-6c は 2 回の脳梗塞発作を経験した左片麻痺と構語障害を症状をもち、CT にて右側頭葉から右頭頂葉にかけて広い低吸収域がみられた症例で、この症例の ΔPT は 2.7 秒と右側の peak time の遅延が著明であり、その伝達函数曲線のピークは低く巾広い。このことは伝達函数曲線が障害を受けた毛細血管床の多様な変化を反映していると考えられた。そしてこれらの結果は、本法によって得られた peak time は、脳実質の障害の程度を反映し、 ΔPT は病側の毛細血管床の障害の程度をあらわしていると考えられる。そして、CT にて病変のみられなかった虚血性脳疾患群の 11 例中 9 例で臨床的に疑われた病側の ΔPT が 0.4 秒以上であった (Table 9)。この結果は興味深く、CT にて検出できない小梗塞巣の存在をあらわしていると考えられる。又、累積頻度図表 (Fig. 5a-5b) より両側脳梗塞を除く脳梗塞群での ΔPT が 0.4 秒未満を示した false negative は 26% から 30% になるが、これらの群では病巣部の毛細血管床の障害が少なく十分な側副血行路が発達している可能性が考えられる。一過性脳虚血発作群では 3 例中 2 例

の ΔPT が 0.4 秒であった事 (Table 4)、症状の軽い群、脳虚血発作が一回の群、CT での病変が見られないか又は小さい群で ΔPT が 0.4 秒未満の割合が多い事 (Tables 6, 7, 8) がこの可能性を裏づけている。

両側大脳半球に障害の有る場合、peak time は両側とも遅延するので ΔPT が 0.4 秒未満であっても正常ではない。従って、両側大脳半球に障害のある場合 peak time のみが評価の根拠となる。虚血性脳疾患群の peak time は確かに対照群よりも遅延が認められるものの (Table 2)、脳灌流圧や化学因子、神経因子、血液粘稠度など種々の因子に係わるために個々の評価は困難になると思われる。しかし頭蓋内平均循環時間、Dynamic CT における時間-濃度曲線などのように¹⁴⁾¹⁸⁾、総合的な脳循環の評価のパラメーターとして有用であろう。

本法で求めた peak time は、虚血性脳疾患における脳実質の毛細血管床の状態、側副血行路の発達をあらわすものと考えられ、さらに症例を重ね検討を重ねることにより、将来、虚血性脳疾患の予後や外科的手術の適応の基準として有用になりうると考えられる。

6. まとめ

1) 本研究は、非拡散物質である非イオン性水溶性ヨード系造影剤を用い、IADSAにより時間-濃度曲線を得、さらに伝達函数を用い左右大脳半球の毛細血管床の循環動態を peak time としてとらえ、その左右差 (ΔPT) を求めて対照群と虚血性脳疾患群とにおける循環動態を比較した。尚、 ΔPT と重症度との関係についても検討した。

2) 対照群の ΔPT の平均は 0.14 ± 0.10 秒で、累積頻度図表 (Fig. 5a-5b) より ΔPT の絶対値が 0.4 秒未満を正常範囲とした。

3) 虚血性脳疾患群の ΔPT は、左側病変の平均が 0.72 ± 0.55 秒、右側病変の平均が 0.66 ± 0.65 秒で、70% が 0.4 秒以上の ΔPT を示し、 ΔPT は重症度と相関する傾向がみられた。

4) ΔPT の増加は、毛細血管床の血管抵抗の増大、側副血行路の発達と関係があると考えられた。 ΔPT が 0.4 秒未満であれば、虚血病巣の毛細血管

床の障害の程度は軽く、側副血管路も十分発達している可能性があると考えられた。

5) CTにて梗塞巣が検出されなくとも臨床的に疑われた大脳半球側の遅れを示す Δ PTの増加がみられ、CTで検出されない小梗塞巣の存在によるものと考えられた。

6) 両側大脳半球に障害がある場合、 Δ PTの評価は不可能であるが、peak timeが総合的な脳循環動態の評価に対するパラメーターとして有用と考えられた。

稿を終わるにあたり、御指導、御校閲を賜りました藤井正道主任教授、石川徹教授に深甚の謝意を表します。また、直接御指導御助言頂きました芦田浩講師、今村恵子講師に深謝いたします。また、御助言を頂きました東京女子医大放射線科小林直紀教授、東京医科歯科大学放射線科鈴木宗治教授に感謝いたします。また、多くの貴重な症例を提供していただいた本院第1内科石田尚志主任教授、第2内科須階二郎主任教授、第3内科染谷一彦主任教授、ならびに第2外科関野宏明主任教授に厚く御礼申し上げます。さらに、本研究の推進にあたり種々御助言と御協力を頂いた放射線医学教室の諸先生に感謝するとともに、種々の御配慮と御援助とを頂いた放射線部小山内司郎氏をはじめとする放射線部の方々に厚く御礼申し上げます。

本論文の主旨は、第45回日本医学放射線学会総会、第14回日本神経放射線研究会、第2回デジタルアンギオグラフィシンポジウム及び第8回聖マリアンナ医科大学医学会において発表した。

文 献

- 1) 曾根憲昭, 山口武典: 脳循環測定—全脳循環・局所脳循環—. 治療学, 9: 33—40, 1982
- 2) 吉村正蔵, 古平国泰, 藤代健太郎, 清水久盛, 伊藤克朗, 三川秀文: 脳血流量計測. 総合臨床, 31: 2953—2958, 1982
- 3) 上村和夫, 菅野 巖, 三浦修一, 三浦佑子, 高橋昭喜, 河田 泰, 香沢尚之: 脳血管障害診断における Emission CT. 臨床科学, 16: 287—296, 1980
- 4) 穴戸文男, 上村和夫: 中枢神経系の局所動脈機能検査. 画像診断, 4: 1006—1015, 1984
- 5) 相澤豊三: 脳循環研究の進歩. Medicina, 18: 1690—1691, 1981
- 6) 澤田 徹: 全脳平均血流量の測定—NO法について—. Medicina, 18: 1698—1699, 1981
- 7) 坂井文彦: 局所脳循環. Medicina, 18: 1700—1701, 1981
- 8) 海老原進一郎, 北川泰久: 虚血性脳疾患の脳循環. Medicina, 18: 1710—1711, 1981

- 9) Greitz, T.: A radiological study of the brain circulation by rapid serial angiography of the carotid artery. Acta Radiol., Suppl. No. 140, 1956
- 10) Drayer, B.P., Heinz, E.R., Dujovny, M., Wolfson, S.K. Jr. and Gur, D.: Patterns of brain perfusion: Dynamic computed tomography using intravenous contrast enhancement. J.C.A.T., 3: 633—640, 1979
- 11) Heinz, E.R., Dubois, P., Osborne, D., Drayer, B. and Barrett, W.: Dynamic computed tomography study of the brain. J.C.A.T., 3: 641—649, 1979
- 12) Traupe, H., Heiss, W.-D., Hoeffken, W. and Zulch, K.J.: Hyperperfusion and enhancement in dynamic computed tomography of ischemic stroke patients. J.C.A.T., 3: 627—632, 1979
- 13) Cohen, W.A., Pinto, R.S. and Kricheff, I.I.: The value of dynamic scanning. Radiologic Clinics of North America, 20: 23—35, 1982
- 14) 小林直紀, 小野由子, 柿木良夫, 塚本 浩, 柴垣泰郎: Dynamic CTの手技. 画像診断, 4: 410—417, 1984
- 15) Takahashi, N., Kikuchi, H. and Karasawa, J.: Dynamic CT in patients with superficial temporal-middle cerebral artery anastomosis. A.J.N.R., 4: 454—457, 1983
- 16) Seeger, J.F., Carmody, R.F., Smith, J.R.L., Ovitt, T.W. and McNeill, K.: Evaluation of cerebral hemispheric contrast transit with intravenous digital subtraction angiography. A.J.N.R., 4: 333—337, 1983
- 17) Kwan, E.S.K., Hall, A. and Enzmann, D.R.: Quantitative analysis of intracranial circulation using rapid-Sequence DSA. A.J.N.R., 4: 295—301, 1986
- 18) 黒木副武, 北浜 正, 宮崎徳蔵: 動注 DSA の有用性と濃度曲線の臨床応用について. 画像医学誌, 5: 1110—1118, 1986
- 19) 今村恵子, 塚本 浩, 蘆田 浩, 石川 徹, 藤井正道, 宇治輝幸: ビデオデンシトメトリーによる DSA 動態解析システムの作成. Medical Imaging Technology, 3: 69—75, 1985
- 20) 高橋陸正: 脳血管障害における Digital Subtraction Angiography の役割. Medicina, 21: 1944—1950, 1984
- 21) 高橋陸正, 西東龍一: DSA. 臨床画像, 1: 69—77, 1985
- 22) Weinstein, M.A., Pavlicek, W.A., Modic, M.T. and Duchesneau, P.M.: Intra-arterial digital subtraction angiography of the head and neck.

- Radiology, 147: 717-724, 1983
- 23) Kaufman, S.L., Chang, R., Kadir, S., Mitchell, S.E. and White, R.I. Jr.: Intraarterial digital subtraction angiography in diagnostic arteriography. Radiology, 151: 323-327, 1984
- 24) 小林祥泰: 脳血管障害の脳循環. Medicina, 21: 1910-1911, 1984
- 25) Archie, J.P. and Feldtman, R.W.: Collateral cerebral vascular resistance in patients with significant carotid stenosis. Stroke, 13: 829-831, 1982
- 26) Claussen, C.D., Banzer, D.C., Pfretzschner, C., Kalender, W.A. and Schorner, W.: Bolus geometry and dynamics after intravenous contrast medium injection. Radiology, 153: 365-368, 1984
- 27) Bettmann, M.A.: Angiographic contrast agent: Conventional and new media compared. A.J.R., 139: 787-794, 1982
- 28) Peck, W.W., Slutsky, R.A., Hackney, D.B., Mancini, G.B.J. and Higgins, C.B.: Effects of contrast media on pulmonary hemodynamics: Comparison of ionic and non-ionic agents. Radiology, 149: 371-374, 1983
- 29) Ballaxe, H.A., Mooring, P., Kugler, J., Pinsky, W. and Chu, W.-K.: Comparative hemodynamic effect of metrizamide and renografin 76 in infants with congenital heart disease. A.J.R., 140: 1097-1101, 1983
- 30) 中元和也: 低浸透圧造影剤の血行動態に及ぼす影響に関する実験的研究—犬大腿動脈の血流量の変動—. 日本医放会誌, 44: 1085-1090, 1984
- 31) 今村恵子, 塚本 浩, 蘆田 浩, 宇治輝幸, 石川徹, 藤井正道: DSA による脳血行動態の解析—動脈における時間—造影剤濃度曲線から算出した伝達函数の応用—. 日医放物理会誌, 6: 85-95, 1986
- 32) Fleming, J.S. and Goddard, B.A.: A technique for the deconvolution of the renogram. Phys. Med., Biol., 19: 546-549, 1974
- 33) Valentinuzzi, M.E.: Discrete deconvolution. Med. Biol. Eng., 13: 123-125, 1975
- 34) Diffey, B.L., Hall, F.M. and Corfield, J.R.: The ^{99m}Tc-DTPA dynamic renal scan with deconvolution analysis. Journal of Nuclear Medicine, 17: 352-355, 1975
- 35) Tachibana, H., Meyer, J.S., Okayasu, H. and Kandula, P.: Changing topographic patterns of human cerebral blood flow with age measured by xenon CT. A.J.N.R., 5: 139-146, 1984
- 36) 杉原 浩: 超音波ドプラー法 (QFM) による脳梗塞例の総頸動脈血流量の検討. 日本臨床生理会雑誌, 15: 405-416, 1985