

《ノート》

脳血管障害患者の¹³³Xenon 吸入法による 局所脳血流量の測定

Regional Cerebral Blood Flow in Patients with Cerebrovascular Diseases
by ¹³³Xenon Inhalation Method

新 井 弘 之*

Hiroyuki ARAI*

*Department of Neurosurgery, Kuwana Hospital

I. はじめに

¹³³Xe 吸入法による局所脳血流量(rCBF)の測定は Mallett and Veall²⁾により導入され, Risberg ら⁴⁾, Obrist ら³⁾により改良された。¹³³Xe 頸動脈注入による rCBF 測定法と比べると, 本方法は非侵襲的に検査を行うことができ, かつ両側の大脳半球の rCBF を同時に測定することができるので, 傷害側と対側の大脳半球とを比較することが可能である. また, くりかえし検査を行うことができ, 正常なヒトの rCBF を測定することができる. しかし, 呼吸状態の不安定な患者や重篤な肺機能障害患者, 気管切開がしてあって気管内反射を誘発しやすい患者などには測定することができ困難であることはやむをえぬことである.

Meditronic 社製の局所脳血流量測定装置を用いて ¹³³Xe ガス吸入法により脳血管障害患者の rCBF を測定したので報告する.

II. 方 法

rCBF は Meditronic 社製の局所脳血流量測定装

* 桑名病院脳神経外科

受付: 55年10月21日

最終稿受付: 56年3月23日

別刷請求先: 新潟市古川町6-4 (番950)

桑名病院

新 井 弘 之

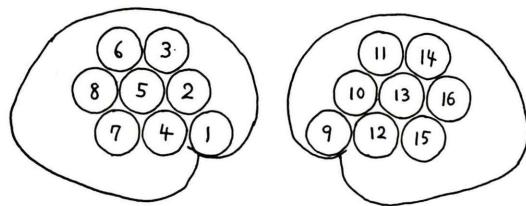
置 (Meditronic cerebriograph. Model ICBF-16) を用いて ¹³³Xe ガス吸入法により測定した. 検出器の数は左右各 8 個, 計 16 個である. 検出器は SD 282 型ミニチュア頭部用シンチレーション検出器 (scintillation detector) で, これにはシンチレーション発光体としての 3/4 inch (1.905 cm) (厚) × 3/4 inch (1.905 cm) (高) の NaI (Tl) クリスタル, Philips XP 1110 photomultiplier tube, および voltage divider chain を含んでいて, このシンチレーション検出器に交換可能な 4 mm(厚) × 20 mm(長) の円筒形の鉛製コリメータをつけて使用した.

検出器は矢状面に垂直に頭部に装着した. それぞれの検出器の番号および位置は Fig. 1 に示す.

仰臥位の被検者の顔面にマスクを口と鼻をおおい, かつ漏れのないように装着し, 数分間この呼吸系に慣れるように呼吸させ, 正常かつ規則的な呼吸ができるまで待つ. この間に装置は background の測定を行う. それから被検者に約 5mCi/l の ¹³³Xe ガスを含む空気で 1 分間呼吸をさせ, つぎの 10 分間は正常の空気系にきりかえて呼吸させる. この間 ¹³³Xe のクリアランスが頭部に装着された各検出器で測定される. 呼気中の ¹³³Xe 濃度

Key words: regional cerebral blood flow, ¹³³Xenon inhalation method, cerebral hemorrhage, cerebral aneurysm, cerebral infarct

はマスク内のカテーテルからみちびいて別の検出器で測定される。この呼気中の¹³³Xe濃度のair-curveは動脈血中の¹³³Xe濃度を評価する。コンピューターによりtwo-compartmental analysisが行われる^{3,4)}。測定後ただちに動脈血の炭酸ガス分圧(PaCO₂)、ヘモグロビンおよび血圧を測定する。



Right cerebral hemisphere Left cerebral hemisphere
Fig. 1 Position of each scintillation detector. Numerals show detector number used in this study.

動脈血の炭酸ガス分圧は Radiometer 社製ABL 2で測定した。

本稿ではrCBFとしてinitial slope index (ISI)を用いた。ISIは主として灰白質の血流量を示すindexであるが、値が安定しており、かつ臨床的に意味のある変動を示すことが Risberg ら⁴⁾により指摘されている。

III. 症例

1978年3月13日から1978年12月29日までの間に以下の各例について測定した。

- 1) 正常例：18歳から29歳までの女性11例、男性1例の計12例。
- 2) 視床出血例：20歳から77歳までの男性8例、女性2例の計10例。
- 3) 被殻出血（外側型脳出血）例：41歳から66

Table 1 Regional cerebral blood flow (initial slope index) in 12 healthy volunteers ranging in age from 18 to 29 years (mean age of 21±2.8)

Case no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
Age (yrs.)	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	23	29	ISI
Detector no.													%
1	81	60	71	57	75	57	65	53	69	59	58	47	62.7±9.8
2	84	54	73	59	74	52	65	52	65	52	60	55	62.1±10.4
3	58	60	71	55	66	47	59	52	53	51	58	51	56.8±6.8
4	58	56	73	55	66	54	65	48	60	54	55	51	57.9±7.0
5	57	52	71	56	64	51	59	53	62	53	57	55	57.5±5.8
6	59	43	66	50	67	44	59	49	49	45	57	49	53.1±8.3
7	67	58	69	55	64	51	55	49	57	52	52	54	56.9±6.5
8	58	55	65	54	60	50	58	48	56	55	55	52	55.5±4.5
MR	65.3	54.7	69.8	55.3	66.9	50.8	60.4	50.6	59.0	52.6	56.7	51.6	57.8±6.6
Detector no.													
9	65	81	76	67	74	56	69	61	74	55	60	47	65.4±10.0
10	66	67	76	64	70	54	64	51	65	53	59	54	61.9±7.7
11	59	64	71	60	68	48	57	52	60	45	53	51	57.3±7.9
12	60	54	69	56	65	53	61	52	59	54	55	51	57.4±5.5
13	63	59	67	56	62	50	61	50	55	51	56	53	56.9±5.5
14	62	52	69	53	60	45	55	48	56	44	53	49	53.8±7.2
15	62	59	72	58	63	52	59	49	54	52	51	50	56.8±6.8
16	59	64	73	55	62	50	60	51	52	49	51	50	56.3±7.4
ML	62.0	62.5	71.6	58.8	65.3	51.0	60.7	51.8	59.3	50.4	54.7	50.8	58.2±6.7
PaCO ₂	37.4	34.4	35.9	37.6	37.0	38.0	39.2	35.2	41.1	35.6	38.0	36.2	

ISI=initial slope index; MR=mean ISI on the right side; ML=mean ISI on the left side.

Cases 1 to 11 were females. Case 12 was a male.

Table 2 Mean CBF* (ISI) in patients with thalamic hemorrhage

Case no.	Age (yrs.)	Sex**	MR	ML	PaCO ₂	Affected side***	Time after the onset	Size of hematoma
1	50	M	47.6	45.3	31.8	R	7 days	small
2	75	F	31.3	34.2	36.7	R	9 days	middle
3	52	F	38.5	36.5	39.1	L	11 days	middle
4	47	M	48.2	48.0	46.5	R	26 days	middle
5	51	M	45.7	46.0	34.4	L	33 days	small
6	59	M	39.7	41.9	38.3	R	37 days	middle
7	34	M	44.4	46.2	35.8	R	40 days	small
8	70	M	25.7	24.2	27.1	R	41 days	middle
9	77	M	37.8	37.0	38.6	R	133 days	small
10	20	M	51.8	51.0	38.0	R	191 days	small

*CBF=cerebral blood flow; **M=male, F=female; ***R=right, L=left.

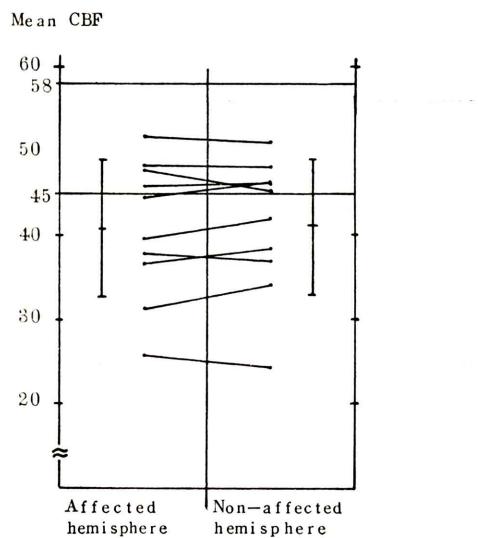


Fig. 2 Mean CBF in patients with thalamic hemorrhage.

歳までの男性7例、女性4例の計11例。

4) 破裂脳動脈瘤例：19歳から68歳までの男性5例、女性7例の計12例。

5) 脳梗塞例：45歳から89歳までの男性10例、女性7例の計17例。

IV. 結果および考察

1) 正常例

18歳から29歳までの平均年齢21歳の健康な男性1例、女性11例のISIを測定した(Table 1)。mean

CBF (ISIの平均値)についてみると、12例の平均は右大脳半球が 57.8 ± 6.6 、左半球が 58.2 ± 6.7 であり、左右差はほとんどみられなかった。

以下これらの正常例の値を参考にしながら脳血管障害患者のCBFに検討を加える。

2) 視床出血例

視床出血10例の初回に測定したmean CBFをTable 2, Fig. 2に示す。発症後7日から191日の間に測定された。発症後191日に測定されたCase 10を除いた9例は、両側とも低下していた。10例の出血側のmean CBFの平均値は 40.9 ± 8.2 、対側のそれは 41.2 ± 8.0 であり、ほとんど左右差はみられなかった。

出血側が低値を示した例は4例あり、左右差の最大値は2.9、非出血側が低値を示した例は6例あり、左右差の最大値は2.3であった。

rCBFのmean CBFに対して20%以上低下した局所脳乏血部のみとめられた症例はなかった。

3) 被殻出血例

被殻出血11例の初回に測定したmean CBFをTable 3, Fig. 3に示す。非手術例は1例のみで、他の10例は手術後であった。

非手術例(Case 1)は小さな血腫であり、発症後32日に測定したもので、失見当識と軽い表出性失語がみられたのみで、出血側が47.2、非出血側が51.6であり、出血側のmean CBFが低下していた。

Table 3 Mean CBF (ISI) in patients with putaminal hemorrhage

Case no.	Age (yrs.)	Sex	MR	ML	PaCO ₂	Affected side	Time after the onset	Size of hematoma	Operation
1	54	F	51.6	47.2	36.8	L	32 days	small	no
2	50	M	42.3	37.5	36.9	L	35 days	middle	yes
3	66	F	32.7	40.6	31.7	R	46 days	large	yes
4	57	M	43.7	35.8	35.6	L	113 days	middle	yes
5	45	M	43.4	36.7	39.8	L	121 days	large	yes
6	47	F	51.7	47.9	42.1	L	129 days	middle	yes
7	56	M	37.6	44.9	41.8	R	196 days	large	yes
8	45	M	41.0	60.2	41.7	R	214 days	large	yes
9	47	F	37.1	39.4	42.2	R	221 days	middle	yes
10	41	M	47.7	42.2	41.1	L	236 days	middle	yes
11	43	M	39.9	32.6	39.5	L	2 yrs 8 days	large	yes

Table 4 Mean CBF (ISI) in patients with ruptured anterior communicating aneurysm

Case no.	Age (yrs.)	Sex	MR	ML	PaCO ₂	Time after the onset	Clinical condition*	Operation
1	19	F	52.8	48.1	32.0	15 days	Grade III	7 days after ope.
			52.9	49.4	41.7	21 days	Grade I	13 days after ope.
2	45	M	37.8	36.0	38.7	70 days	Grade III	56 days after ope.
			41.7	42.2	43.0	140 days	Grade III	126 days after ope.
3	46	M	44.2	43.1	38.9	36 days	Grade I	21 days after ope.
4	55	F	42.6	40.9	32.2	16 days	Grade III	no
			38.4	38.1	24.7	29 days	Grade III	no
			40.5	43.4	38.3	44 days	Grade III	no
5	63	F	45.3	44.0	26.5	3 days	Grade III	no

* Clinical condition=Clinical condition according to Hunt et al¹⁾

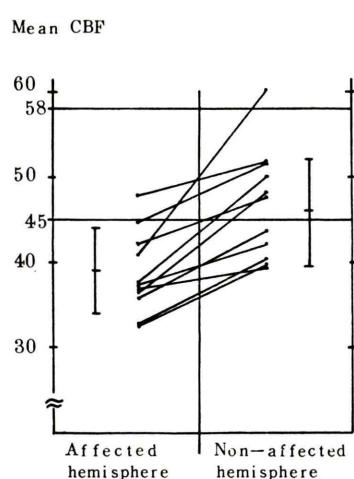


Fig. 3 Mean CBF in patients with putaminal hemorrhage.

手術後に測定された10例のうち9例は発症後35日から236日の間に測定された。他の1例は発症後2年8日に測定され、完全失語と右片麻痺があり、症例中最低値を示し、出血側(左大脳半球)のmean CBFが32.6、非出血側が39.9であり、11例中この1例のみがmean CBFに対して20%低下した局所脳乏血部を出血側の頭頂葉にみとめた。

以上の全症例のmean CBFの平均値は、出血側が 38.9 ± 5.1 、非出血側が 45.9 ± 6.4 であり、あきらかに出血側のmean CBFが低下していた。特徴的なことは、mean CBFは全例とも出血側が非出血側よりも低いことであった。

4) 破裂脳動脈瘤例

臨床症状をHuntら¹⁾のgradeに分類し、それぞれのgradeに対応したmean CBFを示した。

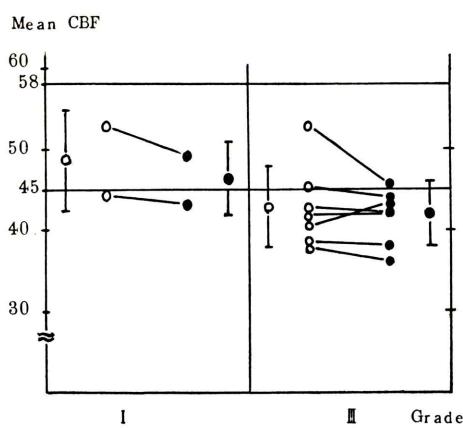


Fig. 4 Mean CBF related to Hunt's grade* in patients with ruptured anterior communicating aneurysms.

○: Right hemisphere

●: Left hemisphere

* The patients' condition according to the classification of Hunt, et al¹⁾: Grade I= asymptomatic, or minimal headache and slight nuchal rigidity: Grade II= moderate to severe headache, nuchal rigidity, no neurological deficit other than cranial nerve palsy: Grade III=drowsiness, confusion, or mild focal deficit: Grade IV=stupor, moderate to severe hemiparesis, possibly early decerebrate rigidity and vegetative disturbances.

(1) 前交通動脈瘤例

5例に9回測定し、そのうち5回は術後に測定した (Table 4, Fig. 4).

grade Iは2例 (Cases 1 & 3) あり、いずれも術後に測定したもので、発症後1か月前後に測定した。2例のmean CBFの平均は、右大脳半球が 48.6 ± 6.2 、左大脳半球が 46.3 ± 4.5 であった。

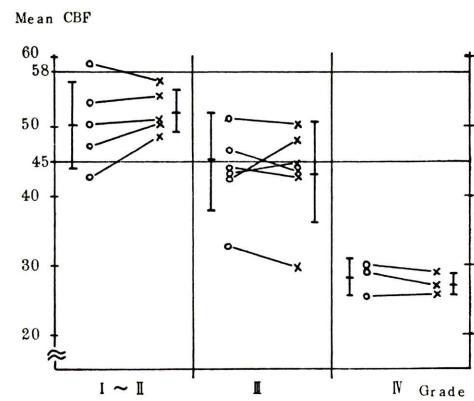


Fig. 5 Mean CBF related to Hunt's grade in patients with ruptured internal carotid or middle cerebral aneurysms.

○: Hemisphere in the site of aneurysm.

×: The opposite hemisphere.

Table 5 Mean CBF (ISI) in patients with ruptured middle cerebral and internal carotid aneurysms

Case no.	Age (yrs.)	Sex	Site of aneurysm*	MR	ML	PaCO ₂	Time after the onset	Clinical condition	Operation
1	36	M	L IC-PC	50.5	51.8	34.8	3 days	Grade III	no
				51.4	47.3	27.2	10 days	Grade II	no
				54.5	53.7	37.1	24 days	Grade I	no
2	41	F	R IC-PC	44.0	43.4	42.3	26 days	Grade III	no
				43.6	46.5	40.8	32 days	Grade III	no
3	51	F	R IC-PC	42.6	48.7	38.7	13 days	Grade I	5 days after ope.
				50.5	51.1	25.1	34 days	Grade I	26 days after ope.
4	57	M	R IC-Oph	59.3	56.4	40.2	25 days	Grade I	16 days after ope.
5	59	F	L IC-PC	48.4	42.3	35.6	12 days	Grade III	no
				26.1	25.5	29.9	18 days	Grade IV	no
				29.0	30.0	32.0	25 days	Grade IV	no
6	68	F	L IC-PC	27.2	29.5	23.8	32 days	Grade IV	no
				44.6	43.1	42.6	40 days	Grade III	no
				29.6	33.0	35.2	7 days	Grade III	no
7	68	M	L MC						

* IC-PC=internal carotid-posterior communicating aneurysm; IC-Oph=internal carotid-ophthalmic aneurysm; MC=aneurysm of main middle cerebral branching

Table 6 Mean CBF (ISI) in patients with cerebral infarcts

Case no.	Age (yrs.)	Sex	Side of infarct	MR	ML	PaCO ₂	Time after the onset	Focus*
1	67	F	L	36.9	35.6	35.9	3 days	
				34.6	30.4	37.0	24 days	
				40.5	37.5	38.1	45 days	
				43.4	41.8	34.9	74 days	
2	80	M	R	28.7	33.3	35.6	3 days	L frontal & parietal
3	64	F	L	36.3	33.2	37.3	5 days	bilateral frontal & parietal
				39.3	36.4	40.3	31 days	
4	62	M	L	39.4	29.3	45.0	9 days	R frontal; L frontal & parietal, \oplus
				42.7	30.7	32.9	16 days	L parietal, \oplus
				42.9	34.8	37.5	29 days	
5	64	M	R	34.3	35.3	43.2	11 days	
				32.1	38.6	36.3	31 days	
6	89	M	R	25.9	29.9	27.8	17 days	
7	79	F	R	32.3	35.4	61.4	18 days	L frontal & parietal
8	58	M	L	39.8	39.5	39.0	26 days	
				39.9	35.2	41.2	55 days	
9	76	M	R	42.5	40.8	37.9	29 days	
				41.6	46.2	37.7	35 days	
				48.5	44.8	40.0	61 days	R parietal, \oplus
10	64	M	L	43.0	40.9	38.2	38 days	
				39.8	37.4	43.0	72 days	
11	63	F	R	34.8	42.6	36.7	48 days	R frontal & parietal, \oplus
				32.7	35.7	31.7	117 days	
12	63	F	R	40.6	40.2	42.3	71 days	
13	69	F	R	32.4	39.3	31.4	96 days	R parietal, \oplus ; L frontal
14	74	M	L	53.7	54.0	40.8	102 days	
15	70	F	L	46.5	40.5	40.0	187 days	
				43.5	30.3	33.9	195 days	
16	59	M	R	43.2	48.8	38.1	193 days	
				42.8	44.7	40.3	243 days	L parietal, \oplus
				57.2	47.4	42.0	330 days	
				59.1	58.1	45.7	376 days	
17	45	M	L	55.9	53.9	45.3	397 days	

* Focus shows evidences of focal flow decrease of at least 20% below the hemispheric mean; \oplus indicates that the focal flow reduction was found over low density areas revealed by computed tomography.

grade III の症例は 4 例 (Cases 1, 2, 4 & 5) に 7 回測定したものであるが、平均は、右半球 42.6 \pm 5.1、左半球 42.0 \pm 4.0 であり、左右差はほとんどみられなかった。

rCBF の mean CBF に対して 20% 以上の低下を

示した局所脳乏血部は 1 例にみられ、発症後 44 日に測定された grade III の症例 (Case 4) で、右前頭葉に 21% の低下をみとめた。この症例の CT (computed tomography) 所見では、脳室拡大が軽度みられたのみであり、神経学的には記録力障害、

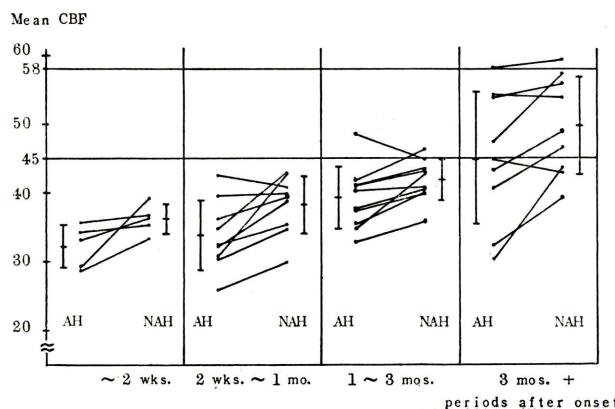


Fig. 6 Mean CBF during periods after onset in 17 patients with cerebral infarcts.
 AH: affected hemisphere.
 NAH: non-affected hemisphere.

失見当識をみとめた。

(2) 内頸動脈瘤例および中大脳動脈瘤例

内頸動脈瘤6例に12回、中大脳動脈瘤1例に2回、計7例に14回測定した値を各gradeに対応して示した(Table 5, Fig. 5)。

grade IとIIでは、内頸動脈瘤3例に5回測定し、うち2例3回は術後であった。mean CBFの平均は動脈瘤側が 50.7 ± 6.3 、対側が 52.4 ± 3.0 であった。動脈瘤側がやや低く、値のばらつきが大きかった。

grade IIIでは、中大脳動脈瘤1例に2回、内頸動脈瘤3例に4回、計4例に6回測定した。動脈瘤側の平均は 43.0 ± 6.0 、対側の平均は 43.8 ± 7.4 で、左右差はほとんどみられなかった。

grade IVでは、内頸動脈瘤1例に3回測定したもので、動脈瘤側の平均は 28.3 ± 2.5 、対側の平均は 27.4 ± 1.5 で、左右差はほとんどなく、両側とも著明に低下していた。

rCBFのmean CBFに対して20%以上低下を示した局所脳乏血部は2例に各1回みられた。1例は発症7日後のgrade IIIの左中大脳動脈瘤例(Case 7)で、左の前頭葉と頭頂葉にそれぞれ21%と23%の低下をみ、CTでは軽度の脳室拡大の所見をみとめた。他の1例は発症25日後のgrade IVの左内頸動脈瘤の症例(Case 6)で、左前頭葉に

22%の低下をみとめ、CTでは脳室拡大および両側前頭葉白質のlow density areaの所見がみとめられた。

5) 脳梗塞例

脳梗塞17例に33回の測定を行った。発症後の期間におけるmean CBFの値を示した(Fig. 6, Table 6)。

発症後14日までに測定した症例は5例5回で、5例のmean CBFの平均は病側が 32.2 ± 3.1 、対側が 36.2 ± 2.2 で、両側とも低下がつよく、病側がやや低い値を示した。

発症後15日から31日までの間では、8例に9回測定され、mean CBFの平均は、病側が 33.8 ± 5.1 、対側が 38.2 ± 4.2 で、両側とも低下していたが、病側でやや低値を示し、平均でみると2週間以内の症例よりもやや高い値を示した。

発症後32日から96日の間に測定された症例は6例に10回あった。mean CBFの平均は、病側が 39.1 ± 4.6 、対側が 42.0 ± 2.3 であった。1か月以内の症例の平均値よりもやや高い値を示した。

発症後97日以上経過した症例は、5例に9回測定された。mean CBFの平均は、病側が 45.0 ± 9.5 、対側が 49.2 ± 7.8 であった。96日(約3か月)以内の症例よりも高い値を示した。

上述したように全体としてみると、発症後の期

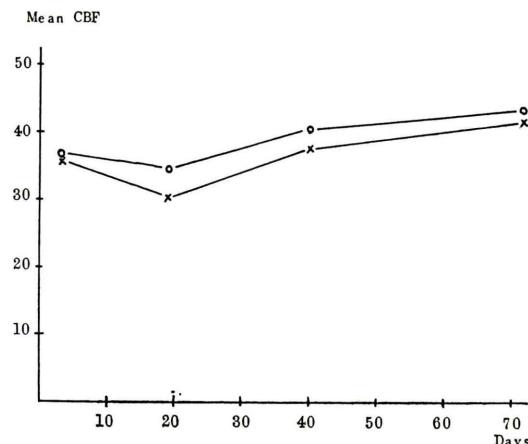


Fig. 7 Mean CBF after the onset in patient (Case 1) with left cerebral infarct.

○: mean CBF on the right
×: mean CBF on the left

間が経過するにつれて脳血流量は徐々に増加していた。同一症例で発症後3日から74日までに4回測定したCase 1をFig. 7に示した。

mean CBFに対して20%以上低下した局所脳血部は8例に9回みとめられた。この局所脳血部が病側にみとめられたものは4例に4回、対側にみとめられたものは2例に2回、両側性にみとめられたものは3例に3回あった。CTのlow density area部に上記局所脳血部のみとめられた症例は5例に6回あった(Table 6)。

V. まとめ

Meditronic cerebrographを用いて¹³³Xeガス吸入法により左右各8門で脳血管障害患者の局所脳血流量を測定し、initial slope indexを用いて検討した。

視床出血10例中、発症後191日に測定した症例は正常であった。他の発症後7日から133日の間に測定された9例では、両側とも低下しており、左右差はほとんどみとめられなかった。平均脳血流量に対して20%以上低下を示す局所脳血部はなかった。

被殻出血11例では、出血側の低下が強かった。平均脳血流量に対して20%以上低下した局所脳血

部は1例にみられ、CT所見に対応していた。

破裂脳動脈瘤12例の23回測定では、Huntら¹⁾のgradeに対応してみると、grade IとIIで正常またはやや低下、grade IIIで低下を示し、grade IVで著明に低下していた。平均脳血流量に対して20%以上低下した局所脳血部は3例にみられ、1例がCT所見に対応していた。

脳梗塞17例に33回測定した結果、脳血流量は両側とも低下しており、病側がやや低く、発症後の期間が経過するにつれて脳血流量は徐々に増加していた。平均脳血流量に対して20%以上低下した局所脳血部は8例に9回みられ、病側にみられたものは4例4回、対側にみられたものは2例2回、両側性にみられたものは3例に3回あった。CT所見に対応したものは5例に6回みられた。

¹³³Xeガス吸入法による局所脳血流量測定法は、非侵襲的に検査を行うことができ、くりかえし検査することができる、かつ両側大脳半球の同時測定ができるために、傷害側と対側の比較をすることができるので、脳血管障害患者の病態把握、診断、治療に有用な検査法であることが判明した。

本研究の一部は第4回日本脳卒中学会総会(1979年2月3日、京都)において発表した。

脳血流量の測定は、桑名病院関根和博技師の献身的な援助のもとに行われた。深く感謝する。

大杉繁昭医学士、本道洋昭医学士、尾崎建二郎医学士の協力に感謝する。

文献

- 1) Hunt WE, Hess RM: Surgical risk as related to time of intervention in the repair of intracranial aneurysms. J Neurosurg 28: 14-20, 1968
- 2) Mallett BL, Veall N: The measurement of regional cerebral clearance rates in man using ¹³³Xenon inhalation and extracranial recording. Clin Sci 29: 179-191, 1965
- 3) Obrist WD, Thompson HK, Wang HS, Wilkinson WE: Regional cerebral blood flow estimated by ¹³³Xenon inhalation. Stroke 6: 245-256, 1975
- 4) Risberg J, Ali Z, Wilson EM, Wills EL, Halsey JH: Regional cerebral blood flow by ¹³³Xenon inhalation. Preliminary evaluation of an initial slope index in patients with unstable flow compartments. Stroke 6: 142-148, 1975