原 著

内頸動脈瘤術中術後における CBF 測定の意義

—クリッピング困難例を中心に—

郭 泰彦, 米川 泰弘, 河野 輝昭, 後藤 泰伸

CBF Monitoring in the Treatment of Unclippable Aneurysms of the Internal Carotid Artery

Yasuhiko KAKU, M.D., Yasuhiro YONEKAWA, M.D., Teruaki KAWANO M.D., and Yasunobu GOTOH, M.D.

Department of Neurosurgery, National Cardiovascular Center, Suita, Japan

Summary: Ten patients with internal carotid aneurysms were managed by internal carotid artery (ICA) ligation. Pre-, intra- and post-operative regional cerebral blood flow (rCBF) were measured by the heat clearance method and ^{133}Xe inhalation method.

Abrupt ICA occlusion was carried out in one case, abrupt ICA occlusion combined with EC-IC bypass was carried out in three cases, and gradual ICA occlusion combined with EC-IC bypass was carried out in six cases.

During ICA occlusion, rCBF were reduced less than 20% in six cases and more than 50% in four cases. Permanent cerebral ischemia occurred in four cases, and transient cerebral ischemia occurred in one case. In four cases with ischemic complications, reduction of CBF was more than 50%.

Measurement of CBF might be useful for the prediction of cerebral ischemia in the therapeutic ligation of the cervical ICA.

Key words:

- CBF monitoring
- ICA aneurysm
- ICA ligation

はじめに

脳動脈瘤の最良の治療法が neck clipping であることは論をまたないが、その大きさや発生部位により clipping が困難なものも少なからず存在する。このような場合には治療的頸動脈結紮術が行われるが、本法には当然のことながら脳虚血症状を生じる危険性がある。このため Matas test, 脳血管撮影上の cross filling などでも間接的に患側半球の血流低下度を推測する試みが行われてきた。しかし最近では比較的容易に皮質脳血流 (CBF) の測定が可能になってきており、本法にも応用されつつある⁷⁾。

今回このような直達手術困難な内頸動脈瘤の治療に際し、

主に熱電対法による CBF の測定を行ったので、その有用性を検討する。

対 象

対象は直達手術が困難な内頸動脈瘤を有する患者 10 例で、年齢は 18 歳から 74 歳、平均 53.2 歳、全例女性である。動脈瘤の部位としては cavernous portion が 2 例、眼動脈分岐部が 4 例、後交通動脈分岐部 3 例、前脈絡叢動脈分岐部が 1 例である。動脈瘤の size は giant (>2.5 cm) が 2 例、large (2.5~1.0 cm) が 5 例、small (<1.0 cm) が 3 例である。術前の症状としてはクモ膜下出血が 3 例、mass effect で発症したものが 2 例、脳梗塞などで検査中

に incidental に発見されたものが5例であった (Table 1).

方 法

CBF の monitoring としては、熱電対法による皮質血流測定を術中に行ったもの6例 (バイオメディカルサイエンス社製 plate 型 probe を使用)、このうち術後も埋め込み型 probe を用いて、継続して測定したものが5例であった。1例では balloon による proximal IC occlusion 前後に¹³³Xe 吸入法による測定を行った (Meditronic-Novo 社製 Inhalation Cerebrograph を使用) (Table 2)。

結 果

occlusion 前後での CBF の変化の度合は、約 50% 以上の低下を示したものが3例、10~30% 2例、10% 以下が2例であった。angiography 上の collateral との関係では症例4の1例を除きすべて good あるいは normal であり、はっきりとした相関は認められない。

balloon Matas test は5例に対し行っているが、全例で tolerable であった。また stump pressure に関しては、CBF の低下度合と非常に密接な相関がみられた (Fig. 1)。この両者においては、CBF が 50% 以上の低下を示すものまた stump pressure が systolic で 30 mmHg 以下のものは ischemic complication を生じたという結果となっている (Table 2)。手術術式に関しては内頸動脈 (IC) の gradual occlusion に STA-MCA anastomosis を併用した例が6例、balloon を使用し、abrupt に IC を occlusion したものが3例、うち2例では STA-MCA anastomosis を併用している。また IC の abrupt occlusion のみを行ったものが1例である。ischemic complication をきたしたものは5例ありうち4例は CBF が 50% 以下に低下した例である。また症

Table 1 Clinical data on 10 patients with IC aneurysms

Case No	Age	Sex	Aneurysm		
			location	Size (mm)	sign
1	74	F	Rt IC-ant.chor.	18	incidental
2	64	F	Rt IC-PC	10	SAH, multiple
3	55	F	Lt IC-PC	17	SAH
4	50	F	Lt IC-opth.	8	incidental
5	55	F	Lt IC-PC	20	SAH
6	50	F	Lt IC-opth.	6	incidental
7	55	F	Rt IC-opth.	8	incidental
8	51	F	Lt IC-opth.	25	mass effect
9	60	F	Rt IC-cavern.	20	mass effect
10	18	F	Rt IC-cavern.	25	incidental

Fig. 1 Correlation of the percent reduction of CBF and stump pressure during IC occlusion.
Open circle: ischemic complication (-)
Closed circle: ischemic complication (+)

Table 2 Relationship between the reduction of CBF and angiographical collaterals, balloon Matas test, stump pressure of IC

No	CBF		Angiographical collateral	Balloon Matas	Stump pressure (mmHg)
	monitoring	baseline (ml/100g/min) post-occl. (ml/100g/min)			
1	—		normal	15 min. tolerable	
2	Peltier	40 20	good	—	30
3	Peltier	46 22	normal	—	30
4	Peltier	88 45	poor	—	18
5	Peltier	80 55	normal	—	45
6	—		good	—	100
7	Peltier	82 70	good	15 min. tolerable	40
8	Peltier	46 44	good	20 min. tolerable	67
9	—		good	15 min. tolerable	
10	Cerebro.	53 49	good	15 min. tolerable	57

Table 3 Operative procedures and outcome

No	Operative procedure	Ischemic symptom	Outcome
1	balloon occl. +STA-MCA	+ (thrombo-embolic)	poor
2	gradual occl. +STA-MCA	+ (hemodynamic)	rejected for ligation
3	gradual occl. +STA-MCA	+ (thrombo-embolic)	poor
4	gradual occl. +STA-MCA	+ (hemodynamic)	rejected for ligation
5	gradual occl. +STA-MCA (double)	—	good
6	gradual occl. +STA-MCA	—	good
7	gradual occl. +STA-MCA	+ (transient, hemodynamic)	good
8	abrupt occl. +STA-MCA	—	good
9	balloon occl. +STA-MCA	—	good
10	balloon occl.	—	good

Table 4 Relationship between ischemic complications and the site of the aneurysm

Location	Clinical ischemia	
	+	—
IC-cavern.	0	2
IC-ophth.	1	3
IC-PC	2	1
IC-ant. chor.	1	0

例7では術前の balloon Matas test では tolerable であったものの、術翌日に complete occlusion を行うと即座に片麻痺を生じている。そのため以後数日間をかけて gradual occlusion を行い、最終的には合併症もなく IC occlusion が行えている。また症例1と症例3では gradual occlusion で tolerable となったにもかかわらず完全閉塞後それぞれ7時間、10時間後に脳虚血症状が出現している。これは thrombo-embolic な機序によるものと考えられる (Table 3)。この thrombo-embolic complication と関係して、aneurysm の部位と ischemic symptom との関係においては、眼動脈分岐部より proximal と後交通動脈分岐部より distal では明らかに虚血症状の発生率が異なり、後者では非常に高率に ischemic complication が生じている (Table 4)。

熱電対法による埋め込み型 probe を用いて、術後も継続的に CBF 測定を行った例と (Fig. 2), ^{133}Xe inhalation method により balloon occlusion 前後に CBF を測定した例を呈示する (Fig. 3)。前者では、Selverstone clamp を100%閉塞すると血流が著しく低下し、片麻痺と意識障害をきたしたが、即座に閉塞度を80%にすると血流も増加し虚血症状も改善している。この症例では、以後3日間で

Fig. 2 Monitoring of cortical blood flow by the heat clearance method during a gradual cervical IC occlusion. The probe was placed on the frontal lobe. ①The Selverstone clamp was closed completely. ②The Selverstone clamp was closed 80%.

閉塞の度合を徐々に増していき、最終的には tolerable となっている。

考 察

脳動脈瘤の最良の治療は neck occlusion であるが、中にはその size あるいは発生部位、形状などにより、それが不可能なものも存在する。現在までの比較的大きなシリーズでは、Drake らが174例の giant aneurysm 中、62%は neck clipping が不可能であるとし¹⁾、同様に本邦では鈴木らが、69例の giant aneurysm 中、neck clipping が可能であったのは38例、43.7%であったとしている¹¹⁾。これを IC aneurysm あるいは cavernous carotid aneurysm に限っても、Heros らは giant あるいは large IC aneurysm 34例

Fig. 3 Monitoring of cortical blood flow by ^{133}Xe clearance method during rt IC occlusion with balloon catheter.

中 11 例に carotid ligation を要したとしており⁴⁾, interventional neuroradiology の立場からは, Higashida らが 87 例の cavernous carotid aneurysm で, 68 例が proximal balloon occlusion に終ったと報告している⁶⁾. このようにこの部の動脈瘤には, 今日においてもなお相当数の直達手術困難なものが含まれている. これらに対して治療的頸動脈結紮術が行われるわけであるが, 本法には ischemic complication の危険性が常に随伴している. この ischemic complication の発生頻度は 7 ~ 50%, 平均 25% とされており^{5) 9) 10)}, 近年はこれを予防する目的で EC-IC bypass を併用する術式も行われている. しかしながら EC-IC bypass を併用しても, 従来の結果と有意な差がなかったという報告もあり²⁾, 依然として本法における ischemic complication の発生は大きな問題である. そこで古くより術前あるいは術中に ischemic complication の発生を予見し, これを未然に防ぐ試みがなされてきた. Matas test, 脳血管撮影上の cross filling の検討, 内頸動脈の stump pressure の測定などがそれであるが, 近年では CBF 測定に熱電対法が用いられ, その簡便さや, 連続的測定が可能なことより, 術中, 術後の monitoring として繁用されるようになってきている. 我々も今回は主に本法を用いて

CBF 測定を行い, 内頸動脈閉塞後に 4 ~ 55%, 平均 29.8% の CBF 低下を認めている. この CBF 低下の度合は angiography 上の前交通動脈, 後交通動脈を介する cross filling とはあまり関連しなかったが, 内頸動脈の stump pressure とは非常に密接な相関がみられた. すなわち ischemic complication が発生した症例では, CBF は内頸動脈閉塞により 50% 以下に低下し, stump pressure は 30 mmHg 以下であった.

我々の症例のうち ischemic complication を生じた 5 例を分類すると, hemodynamic なものが 3 例, thrombo-embolic なものが 2 例となる. hemodynamic なもののうち 1 例は, gradual occlusion により tolerable となったが, 他の 2 例では gradual occlusion でも intolerable であったため IC occlusion を断念している. これら 2 例の症例には saphenous vein graft などの高流量の bypass を行っていれば, あるいは IC occlusion が行えた可能性もあると考えている. 次に thrombo-embolic な complication に関してであるが, これは動脈瘤あるいは親動脈の血栓化に付随して, その末梢枝に血栓性ないし塞栓性の閉塞が起るためと考えられている⁸⁾. 我々の症例のうち thrombo-embolic な機序で脳虚血症状が起こったと考えられる 2 例は, 後交通動脈分岐部および前脈絡叢動脈分岐部の large aneurysm で, いずれも内頸動脈の終末部に近く, neck が広いという特徴を有している. またこれら 2 例の CBF の低下度合は 50% 以下であることより, 動脈瘤内に形成された血栓が急速に内頸動脈の末梢方向に進展したものと考えられた. これら 2 例の ischemic complication は thrombo-embolic な機序と考えられるが, CBF の低下度合がもっと少なければ, 血栓の形成速度がより緩徐となり, これが末梢方向に進展するのを防ぎえた可能性もある. このように thrombo-embolic ischemia を呈する症例においても, CBF 測定の意義は少なくないと考えられる.

次に術前の balloon Matas test に関してであるが, これは 5 例に対して行われ, すべて tolerable であったが, そのうち 2 例に実際の IC occlusion 後 ischemic complication を生じている. この 2 例の ischemic complication の機序は, 1 例が一過性の hemodynamic ischemia で, もう 1 例は thrombo-embolic なものであった. 前者は balloon Matas test 時と実際に IC occlusion を行った時の微妙な血圧あるいは PCO₂ などの変化が影響したものと思われる. また balloon Matas test は 10 分から 30 分の閉塞試験であるため, 当然のことながら thrombo-embolic な complication は予測しえないと考えられる.

ま と め

1. CBF が 50% 以下に低下するものや, stump pressure

が 30 mmHg 以下に低下するものは、内頸動脈閉塞により ischemic complication をきたす可能性が高い。

2. 動脈瘤の部位では後交通動脈分岐部より末梢のものでは内頸動脈閉塞により ischemic complication をきたす可能性が高い。
3. CBF を測定することにより、その低下の度合いが大きな症例に対しては、vein graft などの高流量の bypass を選択することにより ischemic complication を予防できる可能性があると思われる。

文 献

- 1) Drake CG: Giant intracranial aneurysms: Experience with surgical treatment in 174 patients. Clin Neurosurg 26: 12-95, 1979
- 2) 端 和夫, 任 清: EC-IC bypass を併用した carotid ligation の合併症. Neurosurgeon 4: 359-366, 1984
- 3) 早川 徹: 熱電対法による術中脳表血流測定—とくにその臨床的意義について—. Neurosurgeons 4: 183-189, 1984
- 4) Heros RC, Nelson PB, Ojemann RG, Growell RM, DeBrun G: Large and giant paraclinoid aneurysms: Surgical techniques, complications, and results. Neurosurgery 12: 153-163, 1983
- 5) Heros RC: Thromboembolic complications after combined internal carotid ligation and extra-to-intracranial bypass. Surg Neurol 21: 75-79, 1984
- 6) Higashida RT, Halbach VV, Dowd C, Barnwell SL, Dormandy B, Bell J, Hieshima GB: Endovascular detachable balloon embolization therapy of cavernous carotid artery aneurysms: Results in 87 cases. J Neurosurg 72: 857-863, 1990
- 7) Miller JD, Jawad K, Jennett B: Safety of carotid ligation and its role in the management of intracranial aneurysms. J Neurol Neurosurg Psychiatry 40: 64-72, 1977
- 8) 森竹浩三, 米川泰弘, 半田 肇, 小西常起, 諏訪英行, 山村邦夫: 内頸動脈巨大動脈瘤に対する STA-MCA 吻合・段階的内頸動脈閉塞併用術の検討. 第13回脳卒中の外科研究会講演集, 1984, pp 123-129
- 9) Nishioka H: Report on the cooperative study of intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage; Section VIII, part 1. Results of the treatment of intracranial aneurysms by occlusion of the carotid artery in the neck. J Neurosurg 25: 660-682, 1966
- 10) Spetzler RF, Carter LP: Revascularization and aneurysm surgery: Current status. Neurosurgery 16: 111-116, 1985
- 11) 鈴木二郎, 藤原 悟: 巨大脳動脈瘤の手術. 脳神経外科 16: 341-350, 1988
- 12) 山形 専, 米川泰弘, 菊池晴彦: Peltier 熱勾配式熱クリアランス法による脳血流モニター. 局所脳血流 (利康商事) 2: 148-194, 1987
- 13) 米川泰弘, 森竹浩三, 山形 専, 吉田真三: CBF モニター. 「脳神経外科に必要なモニタリング」高倉公朋監修, 現代医療社, 東京, 1988, pp 181-198