手術困難な脳動脈瘤における Balloon Temporary Occlusion, 術中 DSA の有用性

江面 正幸, 溝井 和夫, 高橋 明,* 吉本 高志

Efficacy of Balloon Temporary Occlusion and Intraoperative DSA in Surgically Difficult Aneurysm

Masayuki EZURA, M.D., Kazuo MIZOI, M.D., Akira TAKAHASHI, M.D.,* and Takashi YOSHIMOTO, M.D.

*Division of Neurosurgery, Institute of Brain Diseases, Tohoku University School of Medicine, and *Division of Intravascular Neurosurgery, Department of Neurosurgery, Kohnan Hospital, Sendai, Japan*

Summary : A digital subtraction angiographic (DSA) apparatus has been installed in one of our operating rooms since April 1987. We performed intraoperative DSA in 42 aneurysmal surgeries in 38 patients and balloon temporary occlusion in 33 surgeries. The aneurysm was on an internal carotid artery in 26 cases and on the vertebro-basilar system in 16. A heparin-coated catheter (Anthon, Toray, Tokyo), 6 french in diameter, was inserted transfemorally and was put in a parent artery under general anesthesia. A balloon catheter was coaxially introduced into the proximal portion of the aneurysm. The balloon was temporarily inflated to determine inflation volume. The balloon catheter was soon deflated and was drawn back into the introducing catheter to avoid developing microembolus. The patients were not systemically heparinized but the introducing catheters were slowly flushed with heparinized saline during operation. Then a craniotomy was carried out. Next DSA was performed when temporary occlusion or confirmation of clipping was necessary.

In cases of balloon temporary occlusion, the operating field was not obstructed as it is when a temporary clip is used, despite adequate flow reduction of the parent artery. After DSA for confirmation of clipping adjustment of it was performed in 12 cases out of 42. No complications occurred due to use of an introducing or a balloon catheter. We conclude that combined intravascular and neurosurgical approach, particularly for the large aneurysms with the difficulty of proximal control, can be a useful method of treatment.

Key words :

- balloon
- cerebral aneurysm
- digital subtraction angiography
- intraoperative angiography
- temporary occlusion

はじめに

我々は脳動脈瘤の手術にあたって、動脈瘤を周囲から剝離する際の破裂、あるいはその他の不慮の術中破裂に対処するため、動脈瘤へ approach する前に親動脈の血流一時遮断を行うことを原則としてきた^{14) 15) 16) 18)}。しかし脳底

動脈本幹部動脈瘤、近位部内頸動脈瘤などの手術では、親動脈の確保が困難である、temporary clip が視野を妨げる、など手技上の問題点も存在した。一方、近年は長時間動脈内留置が可能な catheter の開発、balloon catheter の改良などにより、endovascular approach による temporary occlusion が可能になってきた^{3) 7) 13)}。我々の施設では手術

Table 1 Clinical features

Case No.	Age/ Sex ^a	Presentation ^b	Location (Side) ^c	Size (mm)	Occlusion time (min)	Clip reposition	Outcome ^d (GOS)
1	71/F	incidental	ICA paraclinoid (R)	25	30	—	good
2	52/F	incidental	ICA paraclinoid (L)	18	25+5	+	good
3	71/F	visual field	ICA paraclinoid (L)	22	20	—	good
4	50/F	incidental	ICA paraclinoid (L)	26	50+6	+	good
		incidental	ICA paraclinoid (R)	15	20+40+25	—	good
5	60/M	incidental	ICA paraclinoid (L)	18	12	—	good
6	52/F	visual field	ICA paraclinoid (R)	21	36	—	good
7	44/F	incidental	ICA cave (L)	15	11+9	+	good
8	54/F	SAH, GI	ICA cave (R)	4	15	—	good
9	33/F	SAH, GII	ICA cave (R)	6	22	—	good
10	62/F	SAH, GII	ICA cave (L)	4	—	+	good
11	42/M	SAH, GIII	ICA cave (L)	5	—	—	good
12	62/F	SAH, GII	ICA cave (R)	13	32	—	good
13	63/F	SAH, GIII	ICA cave (L)	7	—	—	good
14	36/F	SAH, GII	ICA blister (R)	3	18	—	good
15	45/F	SAH, GII	ICA blister (L)	3	10	—	good
16	73/F	SAH, GIV	ICA-Pcom (R)	15	20	—	SD
17	73/F	SAH, G II	ICA-Pcom (L)	14	15	+	good
18	66/M	SAH, G III	ICA-Pcom (L)*	16	12	—	PV
			ICA-Pcom (R)	12	—	+	
19	72/F	SAH, G II	ICA-Pcom (R)	14	6	—	good
20	45/F	SAH, G II	ICA-Pcom (L)	8	16	—	good
21	65/F	SAH, G III	ICA-Pcom (R)	10	11	—	good
22	66/M	SAH, G II	ICA-Pcom (L)	20	26	—	good
23	67/F	SAH, G II	ICA-Pcom (L)*	15	8	+	good
			ICA-Ach (L)	4	—	—	
24	57/F	SAH, G I	Pl-Pcom (R)*	3	—	—	SD
			BA-tip	28	40	+	
25	59/F	headache	BA-tip	25	45	—	good
26	48/F	SAH, G II	BA-tip	12	18	—	good
27	66/F	mass effect	BA-tip	17	—	—	good
28	52/F	mass effect	BA-tip	20	35+18+33	—	SD
29	61/F	SAH, G I	BA-tip	12	23+32+30	+	PV
30	25/M	SAH, G II	BA trunk	4	30	—	good
31	39/M	SAH, G I	BA trunk	13	15	—	good
32	35/F	SAH, G I	BA trunk	30	30+25	+	good
33	61/F	SAH, G II	BA trunk	10	20	+	SD
34	40/M	SAH, G II	BA trunk	5	11	—	good
35	67/M	SAH, G I	BA trunk	7	35	—	PV
36	49/M	SAH, G I	distal AICA (R)**	6	—	—	good
37	33/M	SAH, G I	distal SCA (R)**	4	—	—	good
38	48/F	SAH, G II	VA (R)	5	16	+	good

^aF, female; M, male

^bSAH, subarachnoid hemorrhage: classified by Hunt and Kosnik grading; visual field, visual field disturbance

^cAch, anterior choroidal artery; AICA, anterior inferior cerebellar artery; BA, basilar artery; ICA, internal carotid artery; L, left; Pcom, posterior communicating artery; Pl, the first segment of a posterior cerebral artery; R, right; SCA, superior cerebellar artery; VA, vertebral artery; *, a responsible aneurysm for SAH; **, an aneurysm located on a feeding artery of an associated arteriovenous malformation

^dGOS, Glasgow outcome scale; Good, good recovery; PV, persistent vegetative state; SD, severe disability

室の一つに digital subtraction angiography (DBA) 装置を
設置することにより、手術困難な動脈瘤症例に対して bal-

loon temporary occlusion や術中 DSA を併用した手術を
行っているのです、その有用性について報告する。

A | B | C

Fig. 1 Intraoperative DSA, before operation (A), during balloon temporary occlusion (B) and after clipping (C). A: A 40-year-old male suffered from sudden onset of severe headache and CT scans revealed subarachnoid hemorrhage. Angiograms demonstrated a mid-basilar aneurysm. Intentional delayed surgery was proposed on day 15, but the aneurysm was ruptured again on day 14. Then the surgery was carried out on day 31. B: Right transpetrosal craniotomy is performed and basilar artery, and anterior inferior cerebellar artery and the aneurysm are disclosed. Immediately before clipping, basilar artery is occluded by balloon. The inflated balloon is slightly visible (arrow). C: Although operating field is extremely limited and deep, the aneurysm is satisfactory clipped because of efficacy of balloon temporary occlusion.

対象および方法

対象となった動脈瘤は38例42動脈瘤であるが、いずれも手術時に親血管の確保が困難、あるいはclippingの際近接血管の狭窄、閉塞をきたす危険が高いと考えられた症例である。部位別の詳細は、内頸動脈瘤(26個)では、“チマメ状”動脈瘤(2個)、carotid caveの動脈瘤(7個)、paraclinoidのlarge～giantの動脈瘤(7個)、broad neckまたはlargeの後交通動脈または前脈絡叢動脈分岐部動脈(10個)である。一方、椎骨脳底動脈瘤(26個)では、脳底動脈幹部動脈瘤の全例(6個)、large～giantの脳底動脈先端部動脈瘤(6個)、その他(4個)である(**Table 1**)。動脈瘤の大きさはsmall 25個、large 12個、giant 5個で、破裂動脈瘤は28例であった。

方法の概略は以下のとおりである。全身麻酔導入後、頭部を固定、体位を決定し大腿動脈よりheparin-coated catheter(アンスロン、東レメディカル)を親動脈の起始部まで導入し、introducing catheterとした。このcatheterを通してballoon catheterを動脈瘤のできるだけ近位まで導入した。ここでballoonをinflateし、balloonによる閉塞部位の確認と閉塞に必要なballoonの至適容量を確認し

た。deflateしたballoonは塞栓源となることを予防するため、introducing catheter内に引き戻した。腹臥位、即臥位の手術では体位決定後のcatheter操作が困難なため、catheterizationを先に行い、balloonは目的部位に留置したままとした。手術中は全身のヘパリン化は行わず、introducing catheter内のみヘパリン化生理食塩水で微量還流した。開頭術が進行しtemporary occlusionが必要な段階まで達したら、DSA確認下にballoonを予定の位置まで誘導して、手術を継続した。balloonのinflationに先立ち、仙台カクテル¹⁾⁷⁾¹⁰⁾¹⁷⁾¹⁹⁾を静脈内投与した。balloonのinflationはblind操作で、最初に測定した至適容量を参考に術野の所見を観察しながら行った。全例でclipping操作が終了後術中DSAを行い、結果に問題がある場合は直ちに適当な処置を追加した。

症 例

balloon temporary occlusionと術中DSAが極めて有効であった症例を呈示する(**Table 1**, Case No. 34)。

症例は40歳男性で、突然の激しい頭痛で発症した。脳血管撮影では脳底動脈と前下小脳動脈の分岐部に動脈瘤を認めた(**Fig. 1A**)。待機手術の方針をとったが手術予定日

の発症 14 日目に再出血したため、患者の状態が改善するのを待って、再出血から 17 日後に grade II の状態で根治手術を行った。全身麻酔の後 spinal drainage をおき、radiolucent head holder により頭部を固定し体位を決定した。体位決定の後、右大腿動脈を穿刺し、6F heparin-coated catheter を右椎骨動脈に留置した。この catheter を通して 2.2 F Tracker 10 catheter (Target Therapeutics, SanJose, USA) に装着した外径 0.7 mm の silicone balloon (ダウコーニング) を右後下小脳動脈より遠位、動脈瘤の約 1 cm 手前まで誘導した。至適容量を確認するため test occlusion を行った後、いったん deflation し introducing catheter 内に収納して、開頭術を開始した。

手術は側臥位で、transpetrosal approach で行われた。petrous bone は内耳を破壊しないよう、その先端部のみ必要最小限に drill out した。このため術野には temporary clip を入れるスペースは存在しなかった。脳底動脈、前下小脳動脈、動脈瘤が確認できたところで、術野を清潔に保ちながら手術を一時中断、透視下に balloon を当初の予定部位まで誘導し、再び test occlusion した (Fig. 1B)。問題なく temporary occlusion ができることを確認して balloon を deflate し仙台カクテルの投与を開始、手術を再開した。手術顕微鏡下に術野の状況を観察し (脳底動脈を透して balloon が透見できる)、至適容量を参考にして blind 操作で balloon を inflate した後、動脈瘤の剥離を行った。McFadden の straight clip にて動脈瘤を処置、手術を中断して DSA にて clipping の状態を確認 (Fig. 1C)、閉創して手術を終了した。術後の経過は良好であった。

結 果

1. balloon temporary occlusion

全例で temporary occlusion と術中 DSA が企図されたが、9 個では temporary occlusion の必要はなく、実際に balloon temporary occlusion を行ったものは 33 個であった (Table 1)。遮断を行った症例では、視野を妨げられることなく親動脈の血流をコントロールすることができた。遮断時間は 6 分から 50 分であった。大多数の症例で遮断中 sensory evoked potential (SEP) monitoring を行ったが遮断中 SEP に変化の見られた症例は見られなかった。balloon occlusion による合併症は認められなかった。

2. 術中 DSA

術中 DSA により、clip のかけかえ、追加など clipping の修正を行ったものが 12 個あった (Table 1)。修正の原因は、柄部の処置が不十分であったもの 8 個、近接血管の狭窄、閉塞がみられたもの 5 個であった。1 例では複数回の修正を行い、その理由は両方に起因していた。前者には大

型の脳底動脈瘤が 3 例含まれているが、この 3 例は結局完全な neck clipping ができず、body clipping に留まった。後者のうちの 3 例は paraclinoid の large の動脈瘤で、内頸動脈を形成しながら clipping することが困難な症例であった。他の 2 例は broad neck の後交通動脈分岐部動脈瘤であった。catheter 留置による合併症は認められなかった。

考 察

我々の施設では、破裂脳動脈瘤の手術にあたって、親血管の血流一時遮断を必要不可欠のものと考え、全例に血管一時遮断を行うことを原則としている^{14) 15) 16) 18)}。親血管の血流一時遮断については行うか否か、どのような例に行うか、どんなタイミングで行うかなど議論の多いところである^{5) 8) 11) 12) 20)}。premature rupture などに遭遇してはじめて血流一時遮断を行うという方針をとる術者も多いが、脳底動脈本幹部動脈瘤などで手術操作中に premature rupture を起こせば、temporary clipping 自体も困難であるしひとたび temporary clipping を行えば、clip が working space を狭くしますます困難な手術になる。今回の検討で明らかなように、balloon は temporary clip と違って視野を全く妨げず、また予防的に temporary occlusion を行えば、premature rupture が予防されるだけでなく、血流に伴う動脈瘤の拍動もコントロールされ手術操作は簡便になった。内頸動脈瘤に対しては従来行われている頸部の切開による内頸動脈の確保でも十分対処はできるものの、侵襲性の問題、cosmetic な面からは本法がより優れていると思われる。balloon temporary occlusion の適応となる動脈瘤は、proximal control の困難な paraclinoid large aneurysm、内頸動脈 cave aneurysm、低位後交通 aneurysm、basilar trunk aneurysm などと考えられる。

一方、術中 DSA は分岐血管を温存する必要がある後交通動脈あるいは前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤のうち、neck の処置が困難な large and/or broad-necked aneurysm では有用であった。今回の検討では、術中 DSA の所見から clipping に修正を加えた例が 12 例あったが、内頸動脈瘤では分岐血管の起始部を術中に確認できない場合も少なからずあり、このような例では術中 DSA が必須ともいえる。我々の施設では、既に手術室に DSA が設置されているが最近では可動式の portable DSA も開発されており^{4) 5)}、今後術中 DSA は頻用されるべきものと思われる^{2) 6) 9)}。

さて balloon temporary occlusion にしろ術中 DSA にしろ、これらの手技が普及するか否かは、合併症の頻度にかかわってくると思われる。これらの合併症として最も危惧されるのは、catheter を留置してから実際に使用するまでに時間的に隔たりがあるため、この間の血栓形成の問題で

ある。血栓形成を予防するには全身のヘパリン化が理想であるが、術中の不必要な出血を助長する可能性もあり、ヘパリンの使用は catheter 内の微量還流に使用するに留めた。全身ヘパリン化を行わないかわりに、今回の症例ではヘパリンコーティングを施してある catheter を使用することとし、また可能な限り balloon catheter は introducing catheter 内に収納することとした。この結果、血栓形成に伴う embolic complication は 1 例も認められず、balloon temporary occlusion および術中 DSA は安全で有用な手技と考えられた。

結 語

1. 手術に際し、balloon temporary occlusion, 術中 DSA を施行した 38 例 42 動脈瘤を報告した。
2. balloon temporary occlusion は temporary clip をおく space の少ない、脳底動脈瘤、内頸動脈近位部動脈瘤の手術に有用であった。
3. 術中 DSA は clipping の成否や親動脈、分岐血管の開存度を確認する上で有用であった。
4. 両手技とも、それに伴う合併症は認めず、安全な手技と考えられた。

文 献

- 1) 我孫子尚, 鈴木二郎, 溝井和夫, ほか: 虚血脳に対する phenytoin の保護作用および mannitol, vitamin E との併用効果. 脳と神経 38: 328-335, 1986
- 2) Barrow DL, Boyer KL, Joseph GJ: Intraoperative angiography in the management of neurovascular disorders. Neurosurgery 30: 153-159, 1992
- 3) Batjer HH, Frankfurt AI, Purdy PD, *et al*: Use of etomidate, temporary arterial occlusion, and intraoperative angiography in surgical treatment of large and giant cerebral aneurysms. J Neurosurg 73: 305-306, 1990
- 4) 江橋敏男, 鈴木忠次, 飯村秀樹, ほか: Portable DSA 装置の開発. コニカ X レイ写真研究 40: 4-8, 1989
- 5) Foley KT, Cahan LD, Hieshima GB: Intraoperative angiography using a portable digital subtraction unit. Technical note. J Neurosurg 64: 816-818, 1986
- 6) Hieshima GB, Reicher MA, Higashida RT, *et al*: Intraoperative digital subtraction neuroangiography: A diagnostic and therapeutic tool. AJNR 8: 759-767, 1987
- 7) 金城利彦, 溝井和夫, 高橋 明, ほか: 巨大脳底動脈瘤の一手術例—脳保護剤(仙台カクテル)とバルーンカテーテルを用いて. 脳神経外科 14: 397-402, 1986
- 8) 松田保宏, 鱗川哲二, 加藤幸雄, ほか: 破裂脳動脈瘤患者に対する temporary clipping の有用性と術中破裂. 脳卒中の外科 19: 543-548, 1991
- 9) 目黒琴生, 松村 明, 塚田篤郎, ほか: 脳動脈瘤クリッピング時の動脈閉塞—術中ポータブル DSA の役割—. 脳卒中の外科 19: 635-639, 1991
- 10) Mizoi K, Suzuki J, Abiko H, *et al*: Experimental study on the reversibility of cerebral ischemia—Residual blood flow and duration of ischemia. Acta Neurochir (Wien) 88: 126-134, 1987
- 11) 溝井和夫, 吉本高志, 藤原 悟, ほか: 脳動脈瘤術中血流一時遮断時の SEP モニターリングの有用性. 脳卒中の外科 19: 537-542, 1991
- 12) 榊 寿右, 西谷昌也, 石田泰史, ほか: Temporary clipping の有用性と問題点. 脳卒中の外科 19: 555-559, 1991
- 13) Shucart WA, Kwan ES, Heilman CB: Temporary balloon occlusion of a proximal vessel as an aid to clipping aneurysms of the basilar and paraclinoid internal carotid arteries: Technical note. Neurosurgery 27: 1166-119, 1990
- 14) Suzuki J, Yoshimoto T: The effect of mannitol in prolongation of permissible occlusion time of cerebral artery—Clinical data of aneurysm surgery. Neurosurg Rev 1: 13-19, 1979
- 15) 鈴木二郎, 吉本高志: 脳動脈瘤超早期手術の要点. 脳神経外科 10: 1139-1149, 1982
- 16) Suzuki J, Yoshimoto T, Kayama T: Surgical treatment of middle cerebral artery aneurysms. J Neurosurg 61: 17-23, 1984
- 17) Suzuki J, Fujimoto S, Mizoi K, *et al*: The protective effect of combined administration of antioxidants and perfluorochemicals on cerebral ischemia. Stroke 15: 672-679, 1984
- 18) Suzuki J, Mizoi K, Yoshimoto T: Bifrontal interhemispheric approach to aneurysms of the anterior communicating artery. J Neurosurg 64: 183-190, 1986
- 19) Suzuki J, Abiko H, Mizoi K, *et al*: Protective effect of phenytoin and its enhanced action by combined administration with mannitol and vitamin E in cerebral ischemia. Acta Neurochir (Wien) 88: 56-64, 1987
- 20) 渡部洋一, 佐藤正憲, 後藤 健, ほか: 脳動脈瘤手術時の血流一時遮断の有用性と問題点. 脳卒中の外科 19: 549-554, 1991