

未破裂動脈瘤 clipping 手術における遠心性動脈の温存とそれに関わるトラブル

石川 達哉¹, 上山 博康², 数又 研², 瀧澤 克己²
中山 若樹¹, 野村三起夫³, 黒田 敏¹, 岩崎 喜信¹

Problems in Preservation of Blood Flow of Efferent Artery from Unruptured Cerebral Aneurysms at the Time of Clipping Surgery

Tatsuya ISHIKAWA, M.D.,¹ Hiroyasu KAMIYAMA, M.D.,² Ken KAZUMATA, M.D.,²
Katsumi TAKIZAWA, M.D.,² Naoki NAKAYAMA, M.D.,¹ Mikio NOMURA, M.D.,³
Satoshi KURODA, M.D.,¹ and Yoshinobu IWASAKI, M.D.¹

Department of Neurosurgery, ¹Hokkaido Graduate School of Medicine, Sapporo, Department of Neurosurgery, ²Asahikawa Red-Cross Hospital, Asahikawa, and Department of Neurosurgery, ³Keiwa-kai Ebetsu Hospital, Ebetsu, Japan

Summary: Preservation of blood flow in both the afferent and efferent cerebral arteries from the cerebral aneurysm is crucial to obtain satisfactory surgical results in the treatment of patients with unruptured cerebral aneurysms. However, we sometimes encounter troubles regarding occlusion of efferent cerebral arteries including perforating arteries. Such troubles occur when the aneurysm neck is broad, and when wall of aneurysm and neighboring arteries is thick and arteriosclerotic. Dome clipping sufficiently away from aneurysmal neck should be performed in such cases. Separation of efferent artery from adhesion to the dome of aneurysm may injure the arterial wall. Various functional and morphological monitoring systems (Doppler ultrasound, Transit flowmeter, Intraoperative digital subtraction angiography, motor evoked potential, somatosensory evoked potential, arterial pressure of the middle cerebral artery, among others) are helpful to detect ischemia of the efferent artery's territory. Although bypass surgery is also helpful in efferent artery occlusion, prophylactic bypass may result in better surgical result than bypass necessarily made after occlusion of the efferent artery.

Key words:

- unruptured cerebral aneurysm
- efferent artery
- clipping surgery
- coating material
- cerebral ischemia

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 32: 79-85, 2004

緒 言

未破裂動脈瘤において、その自然歴は完全に解明されているとはいえないが、あくまでも予防的な治療であること

をふまえると、その治療においては少なくとも mortality, morbidity とともに、きわめて低く治療される必要がある¹⁶⁾。そのため①動脈瘤を完全に free にし、周辺血管を R 離・確認する、② temporary clip により動脈瘤の圧を減

¹北海道大学大学院 医学研究科 脳神経外科, ²旭川赤十字病院 脳神経外科, ³溪和会江別病院 脳神経外科(受稿日 2003. 7. 22) [連絡先: 〒060-8638 札幌市北区北 15 条西 7 丁目 北海道大学大学院 医学研究科 脳神経外科 石川達哉] [Mailing address: Tatsuya ISHIKAWA, M.D., Department of Neurosurgery, Hokkaido Graduate School of Medicine, North 15-jo, West 7-chome, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8638, Japan]

じて操作を行う、③tentative clipによりneckの形態をより明らかにする、④至適な方向からclipを挿入する、⑤母血管や穿通枝は絶対に温存する、⑥動脈瘤は壁の薄い部分を中心に、可能な限り完璧に消失させる、などの注意を極力行ったうえでの手術が必要である⁵⁾。

しかし予後悪化につながる合併症として、穿通枝を含む遠心性動脈(分枝)の閉塞がある。そのなかのほとんどのものは穿通枝障害であるが、なかには親動脈の閉塞をきたすものも存在し、より広範囲な脳障害に直結する。

anecdotalな検討ではあるが、ここでは特に穿通枝を除いた遠心性動脈の閉塞の原因と予防対策を検討したので報告する。

遠心性動脈の閉塞が起こる状況

1. Broad neck aneurysm, thick aneurysm wall に関わる trouble

動脈瘤やその近傍の血管に動脈硬化が強い場合、clipをneckに近い部分でかけすぎると遠心性動脈の閉塞や狭窄が起こる場合がある。

動脈瘤の壁の状態は実際に手術時に確認するまで、その予測は困難であり、実際に手術時に臨機応変に対応しなければならない。さらにいったんpermanent clipを深くかけたあとなどに、内皮の障害が起こってその後親動脈を含めて血栓の形成が起こり、血管閉塞につながる場合などもあり、十分な注意が必要である。

〈症例1〉61歳男性、偶然左中大脳動脈にbroad neckで7mm程度の未破裂動脈瘤が発見された(Fig. 1)。破裂防止のため開頭手術を行った。シルビウス裂を開放すると、動脈瘤はほとんどの部分が動脈硬化の厚い黄色い壁を有していた(Fig. 2)。まずM2 posterior trunkの血流量をトランジット血流計で測定すると31 ml/minであった。M2に

parallelになるようにclipをapplyしたあと、動脈瘤のdomeの余った部分をfenestrated clipをapplyしてつぶした。外見上はこれで理想的なclippingと思われたが、再びM2 posterior trunkの血流量を測定すると14 ml/minと半減していた(Fig. 2)。このためfenestrated clipを外すと血流量は30 ml/minにもどり、このまま手術を終了した。術後の血管撮影ではresidual domeはほとんど認められなかった⁵⁾。

〈症例2〉49歳女性。未破裂のbroad neckのdistal ACA aneurysmの症例である(Fig. 3)。開頭すると動脈硬化でneck付近の壁の厚い動脈瘤であり、その先端部に壁の薄い部分を伴っていた。neck付近でclipをapplyしてもclipが締めきらないため、完全遮断のうえ、動脈瘤壁を開放し、壁の厚い部分の動脈瘤内膜をR離した。この操作により形態上は理想的な動脈瘤のneck clippingができたが、親血管の血流がDoppler血流計にて確認されなくなった。このため、血栓の除去、動脈瘤の切除・親血管のside-to-side anastomosisなどを行ったが、親血管の再開通は得られなかった。術後MRIで虚血巣が出現し一過性に精神症状を呈した。

〈症例3〉46歳女性。偶然発見された左中大脳動脈の未破裂動脈瘤で、血管撮影上domeからM2が出ている所見であったため、STA-MCA bypassの準備をして、手術に臨んだ(Fig. 4)。動脈瘤はbroad neckであり、neck付近の壁が厚いため、M2 posterior trunkの閉塞が危惧された。このため、その分枝にSTA-MCA bypassを行い、中大脳動脈の圧をモニターしながら、clippingを行った。2本のclipをapplyしたのちも中大脳動脈の圧は変化せず、posterior trunkの血流に問題がないことが確認できた。術後患者はまったく問題なく自宅退院した⁵⁾。

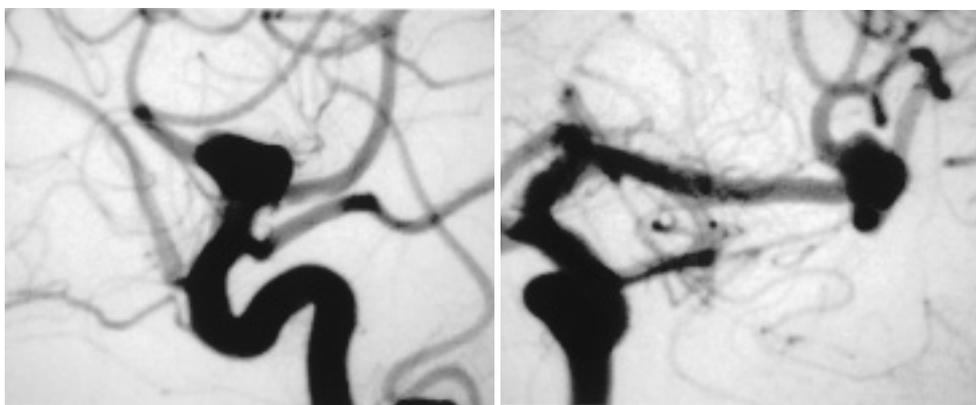


Fig. 1 (Case 1) Lateral (left) and antero-posterior (right) views of the left internal carotid angiogram demonstrated an aneurysm with broad neck at the bifurcation of the middle cerebral artery.

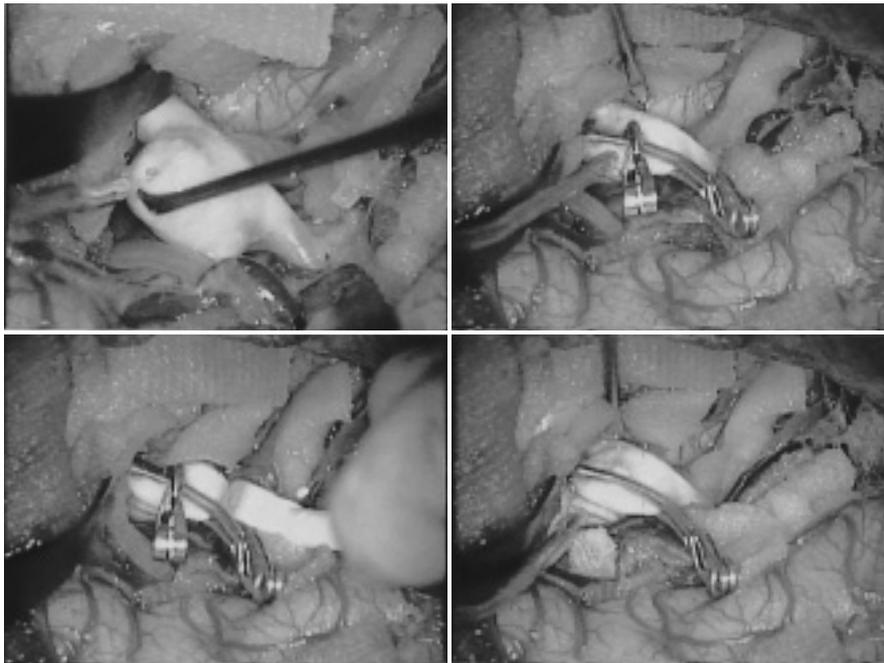


Fig. 2 (Case 1) Photographs of the microscopic operative fields were shown. After opening the Sylvian fissure, we found the aneurysm, their neck was broad and their wall as well as neighboring artery was arteriosclerotic (*upper left*). Dome of the aneurysm was obstructed using with 2 clips, J-shape clip at first and fenestrated clip secondly to obstruct the residual dome (*upper right*). Measurement of the blood flow through the posterior division of the middle cerebral artery using Transit flowmeter revealed decreased blood flow after placing the clips (*lower left*). Then, we removed the second clip and confirmed that the blood flow returned to previous value (*lower right*).

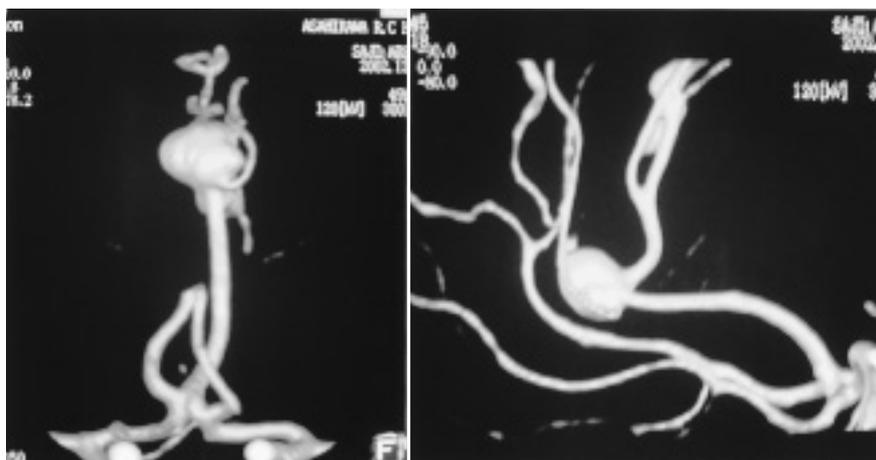


Fig. 3 (Case 2) Antero-posterior (*left*) and lateral (*right*) views of the 3D-CT angiogram were shown. Broad neck aneurysm was found at distal portion of the anterior cerebral artery.

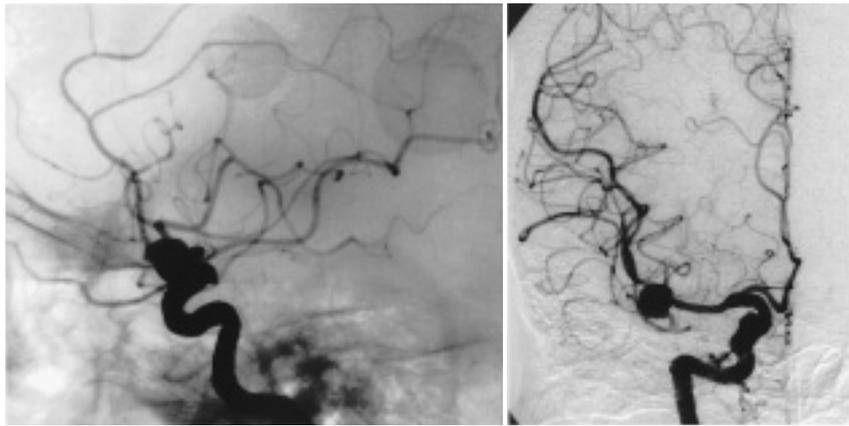


Fig. 4 (Case 3) Lateral (*left*) and antero-posterior (*right*) views of the right internal carotid angiogram were shown. Aneurysm size was big and frontal division of the middle cerebral artery seemed to originate directly from the dome of the aneurysm.

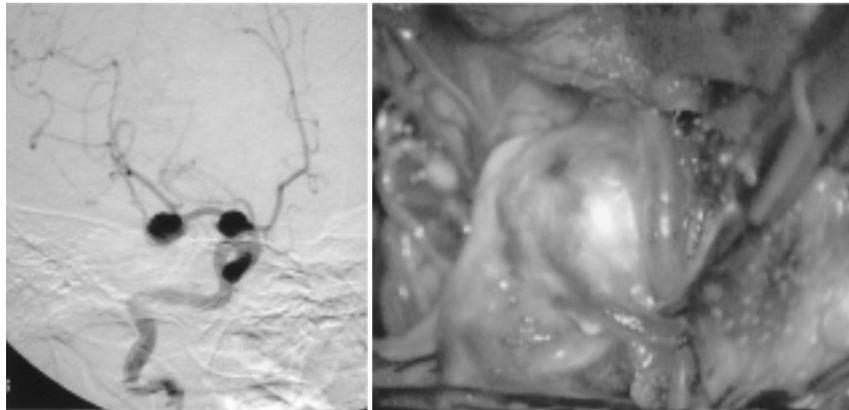


Fig. 5 (Case 4) Antero-posterior view of the right internal carotid angiogram (*left*) showed the aneurysm at the bifurcation of the middle cerebral artery. Microscopic operative photograph was shown (*right*). We found a tight adhesion of the posterior division of the middle cerebral artery to the dome of the aneurysm.

2. Domeに癒着した血管のR離に関わる trouble

中大脳動脈瘤などで、遠心性動脈に動脈瘤が強く癒着している場合がある。

〈症例4〉64歳女性。破裂左中大脳動脈瘤に合併したサイズの大きな右中大脳未破裂動脈瘤の症例である。血管撮影(Fig. 5)でも予想されたようにM2のposterior trunkが動脈瘤に強く癒着していた(Fig. 5)。この動脈を動脈瘤からR離する際に動脈瘤の外壁がわに入ってしまう、破裂が起きた。temporary clipをおき、posterior trunkを動脈瘤からR離したが、この操作でM2に解離が起こり、開存が得られず、やむなくその末梢のM2を、近隣を走行するanterior trunkにbypassを行ったが、posterior trunkの灌流領域に脳梗塞が出現した。

3. どうしても予見できなかった trouble

中大脳動脈瘤の症例で、まったく問題なくclippingが終了したのちに、M2の閉塞をきたし、脳梗塞を呈した症例を経験した。

〈症例5〉68歳女性。左中大脳の未破裂動脈瘤の患者である(Fig. 6)。中大脳動脈に動脈瘤を認め、特に問題なくneck clippingした。術後失語症・右片麻痺を認め、血管撮影にて中大脳動脈の分枝が2本閉塞していた(Fig. 7A)。再開頭を行ったが血管の血流はDoppler血流計にて脳表面の血管まで認められず、bypassやclipのかけ替えはいっさい行わず手術を終了した。術後は脳梗塞が完成しており、失語症と右不全麻痺を後遺した。手術1カ月後に再度脳血管撮影を施行したが、閉塞していた血管は再開通しており

(Fig. 7B), 特に clippingを行った部分に狭窄などは認めなかった。

4. Coating materialによる trouble

われわれは動脈瘤近傍に薄い壁が残存した場合など、従来 cyanoacrylate glue (ビオボンド)と cotton sheet (Bemsheet)による coatingを行ってきたが、ビオボンドによる血管狭窄を経験したのち、ビオボンドに変わり fibrin glueを利用した coatingに切り替えたが、それでも coating materialによるとと思われる血管狭窄を経験している。

〈症例6〉71歳男性。右側の未破裂中大脳動脈瘤に対し、



Fig. 6 (Case 5) 3D-digital subtraction internal carotid angiogram of the left side demonstrated a saccular aneurysm at the trifurcation of the middle cerebral artery.

clipping および Bemsheet と fibrin glue による coating を行った。術後1カ月で、患者は左上下肢の脱力を訴え、脳血管撮影にて clip の周辺の中大脳動脈に多発性の狭窄像を認めた(Fig. 8)。この症例では coating materials を除去し、clip をかけかえ、STA-MCA bypass を行い、症状は消失し自宅退院した。

他に同様な症例が2例あったが、保存的処置で症状は軽快した。

考 察

未破裂脳動脈瘤はその自然歴において低い破裂率を考えると、ほとんどゼロに近い morbidity, mortality で治療しなければ、その治療の正当性にも問題が生じる¹⁶⁾。未破裂脳動脈瘤の外科治療において、もともと虚血性合併症のあるものは、術後に新たな虚血性合併症が発生する可能性が高いことが知られている。虚血性合併症はほとんどの場合、穿通枝の血流障害であり、破裂脳動脈瘤を含めると4%に穿通枝梗塞が起こったという報告もある¹⁴⁾。さらに特に anterior choroidal aneurysm において著しく穿通枝梗塞の頻度が高かったという報告もみられる²⁾。しかしなかには穿通枝以外の動脈瘤の分枝の閉塞が問題となることがあり、中大脳動脈、サイズの大きな動脈瘤、分枝動脈に動脈硬化のある動脈瘤などで親血管や分枝の血流障害をきたしやすいといわれている⁴⁾⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。

動脈硬化が親血管や動脈瘤の壁自体に認められることは少なくないが、そういった動脈瘤に対しどのように clip をかけるべきかという指標はなく、個々の動脈瘤に対し術者の経験から対処されているのが実情である。ただわれわれの症例1のようにかなり余裕を持ってかけても実際には十

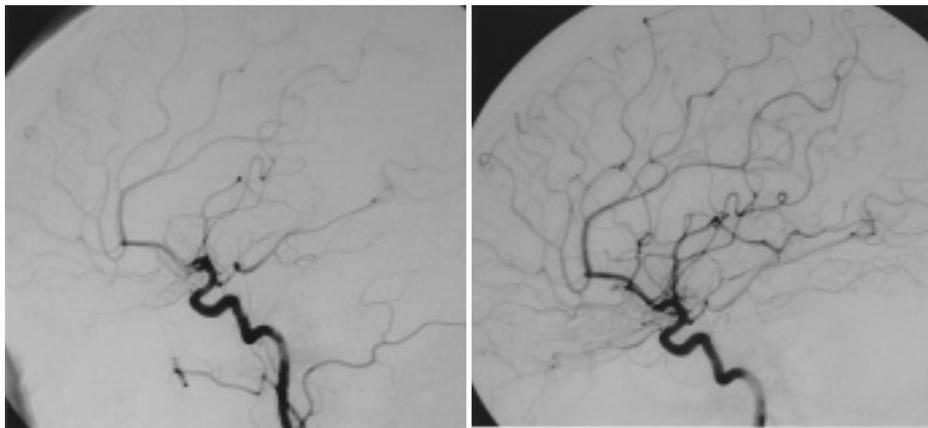


Fig. 7 (Case 5) Internal carotid angiogram of the left side at immediately after the surgery demonstrated the occlusion of the branch of the middle cerebral artery (A). One month after the surgery, recanalization of the occluded branches was confirmed by the repeated angiogram (B).

A | B

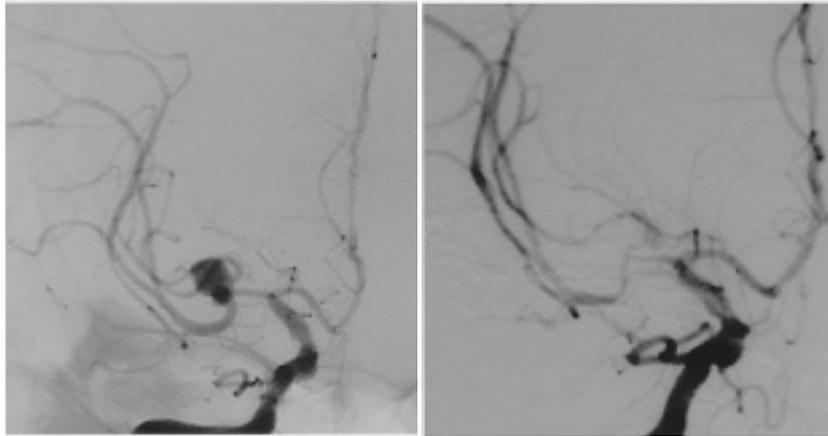


Fig. 8 (Case 6) Antero-posterior views of the right internal angiogram at the preoperative period (left) and postoperative 1 month (right) were shown. In the postoperative angiogram, aneurysm at the bifurcation of the middle cerebral artery disappeared at the postoperative period, but multiple segmental narrowing occurred at the neighboring middle cerebral arteries.

分であることが多く、動脈硬化の程度、壁の厚さの程度に応じ、domeの3割～7割をつぶすdome clippingが妥当と考えられる。またneckの近傍の親動脈、分枝に動脈硬化が認められた場合も、同じようにneck付近に余裕を持たせたdome clippingとするのが妥当であろう。加えてclipの向き、血管の捻れ、さらにretractや沈み込みにより変型していた脳の形がもとにもどったときのclipによる血管の捻れや圧迫など注意すべきことは多い。これには基本的には動脈瘤を完全にfreeにし、その周囲の親血管、遠心性動脈もできるだけ離すなどの注意を行えばトラブルは最小限に防げる可能性が高い。また中大脳動脈や前大脳動脈では血流が遅くなるので、血栓化動脈瘤の場合を含め、内膜R離操作は血管の閉塞につながることを留意しておくべきだろう¹³⁾。しかしそれでも症例6のように原因がよくわからず、強いて考察すればclipをかけることにより内皮の障害が起り、血管閉塞が起こったとしか思えない症例もまれではあるが存在する。

全体が動脈硬化や壁の厚い動脈瘤であった場合、動脈瘤のclippingは果たして必要なかという疑問が生じる。松本らの基礎的研究のreviewによれば動脈瘤壁にはマトリックス蛋白質・中膜平滑筋細胞にダイナミックな変化があることが知られている。このため動脈瘤壁の状態は変化しうるものと推定されるため⁸⁾、少なくとも動脈瘤壁にhemodynamic stressのかかりにくい状態にすることが望ましいと考えられ、われわれはできるだけ動脈瘤部分を消失させたほうが良いと考えている。

ところでclipにより親動脈および遠心性動脈の血流が確保されているかどうか調べるにはさまざまな方法がある。

最も簡便で頻用されていると思われるのはDoppler超音波血流計である¹²⁾。このDoppler血流計は血流のあることと、機種によっては血流の方向を確認するには良い方法であるが、狭窄やその程度に関しては評価ができないし、また近傍の血管の信号を拾ったりすることもあるため、十分に確実な検査ではない。トランジット血流計は血流量が実際に測定できるため、狭窄の評価も可能ではあるが、プローブの制限があるため使用できる血管のサイズに制限があり、穿通枝などではほとんど使用は不可能である¹¹⁾。また血管へのapplyにはある程度の血管のfreeなspaceを必要とするため、M2など比較的浅い部分のfreeにしやすい血管には使用できるが、すべての血管にapplyして使用できるとは限らないという制限がある。血流の確認としてはわれわれが症例3で行ったような、STA-MCA bypassを行って、問題となる遠心性動脈の動脈圧を測定するという方法もある⁵⁾¹⁷⁾が、特殊な条件に恵まれた場合にしか使用できないという制限がある。しかし、症例2, 4で示したように血管閉塞が起こってからbypassを行った場合、時間的要因を考えるとある程度の虚血性変化の出現は覚悟する必要があるので、bypassが必要な可能性が高いと思われた場合に、予防的にbypassを行っておいたほうが虚血性合併症の発現は未然に防げるのかも知れない。

形態的な血管の開存の評価には術中digital subtraction angiography (DSA)が最も優れている。実際に大きな内頸動脈瘤をfenestrated clipなどで閉鎖する場合、動脈瘤の確実な消失と母動脈の開存を評価するには最も優れた方法である。しかしカテーテルの挿入や、撮影の度にmicroscopeによる手技を中断しなければならないその煩雑性が

ら、一般の動脈瘤に対して気軽に行うことのできるシステムとはなっておらず、現状ではまだ広く用いられる方法とはなっていない。

神経機能の評価という面ではSEP¹⁰⁾、MEP¹⁵⁾が有用であるが、それぞれ感覚路・錐体路の機能をみているだけであり、言語機能などその他の神経機能を有する場所の機能や血流の評価ができないことは明らかである。ただし最も重要な錐体路の機能を評価できるという面においてMEPは今後重要な役割を果たしていくことは間違いない。

穿通枝を含む周囲血管の動脈瘤壁への癒着は、動脈の血流障害の原因となることはすでに知られた事実であり、そのR 離は安全なclippingにおいてぜひとも必要な手技である³⁾。動脈瘤壁は通常動脈の両側で血管の外膜と動脈瘤壁が癒着しており、癒着していない部分から慎重にsharpおよびblunt dissectionをおりませつつ攻略していかなければならない。特に動脈瘤を怖がるあまり、血管の外膜側に入って、血流障害を起こすよりは、動脈瘤に穴をあけても血管を温存するくらい的心構えでいくべきである。もちろんその際には血流遮断などの準備が十分に行われていなければならない。

coating materialsによる血管の遅発性閉塞も以前から指摘されている問題である⁹⁾。Bemsheetによるcoatingはコラーゲン線維を誘導し、血管壁に癒着した強固な膜となるという報告があるが¹⁾、cyanoacrylate glueとの併用は血管内皮の増殖をきたし血管閉塞の原因となるという報告もある⁶⁾。cyanoacrylate glueは発売中止となり、至適なcoating materialの開発が待たれるところであるが、現状の段階では、coatingはむやみに行わないこと、きちんとしたインフォームドコンセントを取り十分な追跡を行うことが大切と考えられる。

結 論

未破裂脳動脈瘤手術で、遠心性に分岐する動脈の閉塞による合併症とその対策を提示したが、その防止には確実な方法はなく、各個人の経験と技術に委ねられている部分が多い。さらにいまだに解決できない問題点もあり、注意が必要である。

文 献

1) Ebina K, Iwabuchi T, Suzuki Sr: A clinico-experimental

study on various wrapping materials of cerebral aneurysms. *Acta Neurochir (Wien)* 72: 61-71, 1984

2) Friedman JA, Pichelmann MA, Piepgras DG, et al: Ischemic complications of surgery for anterior choroidal artery aneurysms. *J Neurosurg* 94: 565-572, 2001

3) 波出石弘, 鈴木明文, 安井信之, ほか: 前交通動脈に対するinterhemispheric approachと穿通枝障害. *脳卒中の外科* 30: 247-252, 2002

4) Heiskanen O: Risk of surgery for unruptured intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 65: 541-453, 1986

5) 石川達哉, 黒田 敏, 岩崎喜信, ほか: 未破裂脳動脈瘤の手術: clippingに関わる諸問題. *脳神経外科ビデオジャーナル* 11(2), 2003

6) Juan GM, Kawamura S, Yasui N, et al: Histological changes in the rat common carotid artery following simultaneous topical application of cotton sheet and cyanoacrylate glue. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 39: 908-912, 1999

7) 小松洋治, 兵頭明夫, 能勢忠男, ほか: 虚血性脳血管障害に合併した未破裂脳動脈瘤の外科治療. *脳外* 22: 811-818, 1994

8) 松本 隆, 山田和雄, 原田重徳, ほか: 分子生物学的知見脳動脈瘤-最近の知見. *Clin Neurosci* 17: 620-623, 1999

9) 松本裕蔵, 岩崎和子, 寺田欣矢, ほか: 脳動脈瘤ラッピング術後の親動脈閉塞. *脳卒中の外科* 25: 202-206, 1997

10) 中井啓文, 佐古和廣, 川田佳克, ほか: 脳動脈瘤手術におけるtemporary clipの安全性と問題点, 術中SEPモニタリング結果との対比. *脳卒中の外科* 26: 318-325, 1998

11) Nakayama N, Kuroda S, Houkin K, et al: Intraoperative measurement of arterial blood flow using Transit Time Flowmeter: Monitoring of hemodynamic changes during cerebrovascular surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 143: 17-24, 2001

12) Nornes H, Kuntzen HB: Cerebral arterial blood flow and aneurysm surgery. Part I. Local arterial flow dynamics. *J Neurosurg* 47: 810-818, 1977

13) 佐野公俊, 加藤庸子, 出水秀英, ほか: 部分血栓化巨大動脈瘤の手術. *脳卒中の外科* 30: 429-433, 2002

14) 佐々木達也, 佐藤園美, 佐久間潤, ほか: 脳動脈瘤術後の穿通枝梗塞. *脳卒中の外科* 30: 101-106, 2002

15) Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, et al: Intraoperative monitoring of blood flow insufficiency in the anterior choroidal artery during aneurysm surgery. *J Neurosurg* 98: 507-514, 2003

16) 鈴木倫保, 國次一郎, 加藤祥一, ほか: 未破裂脳動脈瘤根治術の問題点とtailor-made medicine. *脳卒中の外科* 31: 98-103, 2003

17) 徳光直樹, 上山博康, 小林延光, ほか: 脳動脈瘤手術におけるSTA-MCA吻合部を介した脳表血圧モニターの有用性. *脳卒中の外科* 25: 391-397, 1997

18) Wirth FP, Laws ER, Piepgras D, et al: Surgical treatment of incidental intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 12: 507-511, 1983

19) 安井敏裕, 小宮山雅樹, 岩井謙育, ほか: 未破裂脳動脈瘤術後の虚血性合併症. *脳卒中の外科* 31: 104-110, 2003