

脳幹への mass effect を有する部分血栓化巨大脳動脈瘤に対する頸部 clipping および瘤内血栓除去術の治療成績

竹田理々子¹, 小倉 文司², 中島 弘之¹, 吉川雄一郎¹, 栗田 浩樹¹

Results of Neck Clipping and Intraaneurysmal Thrombectomy for Partially Thrombosed Giant Cerebral Aneurysms Compressing the Brainstem

Ririko TAKEDA, M.D., Ph.D.¹, Takeshi OGURA, M.D., Ph.D.², Hiroyuki NAKAJIMA, M.D., Ph.D.¹, Yuichiro KIKKAWA, M.D., Ph.D.¹, and Hiroki KURITA, M.D., Ph.D.¹

¹Department of Cerebrovascular Surgery, Saitama Medical University, International Medical Center, Hidaka, Saitama, and ²Department of Neurosurgery, Kurosawa Hospital, Takasaki, Gunma, Japan

Summary: Appropriate surgical treatment for partially thrombosed giant cerebral aneurysms compressing the brainstem remains unclear. Between 2011 and 2015, 4 patients with progressive neurological deterioration due to these complex lesions underwent direct neck clipping followed via intraaneurysmal thrombectomy in our institution. Postoperatively, the aneurysm size immediately decreased significantly, in association with early significant improvement in the surrounding brainstem edema. All patients showed neurological improvement after surgery. Our experience introduces this technique as a safe and more durable treatment option for the management of partially thrombosed giant cerebral aneurysms, especially in critical locations that require prompt decompression of vital structures.

Key words:

- partially thrombosed giant aneurysm
- brainstem compression
- direct clipping
- intraaneurysmal thrombectomy
- brain edema

Surg Cereb Stroke

(Jpn) 45: 458-463, 2017

はじめに

一般的に、部分血栓化巨大脳動脈瘤の自然歴は不良である⁶⁾が、特に脳幹への mass effect を有するものは、神経症状が不可逆的に進行して致死的になる症例も多い¹⁰⁾。しかし、その外科的治療は、一般的に困難であることが知られている⁶⁾。今回われわれは脳幹を強く圧迫し、迅速な減圧が必要な部分血栓化巨大脳動脈瘤に対する外科治療につ

いて検討したので報告する。

方 法

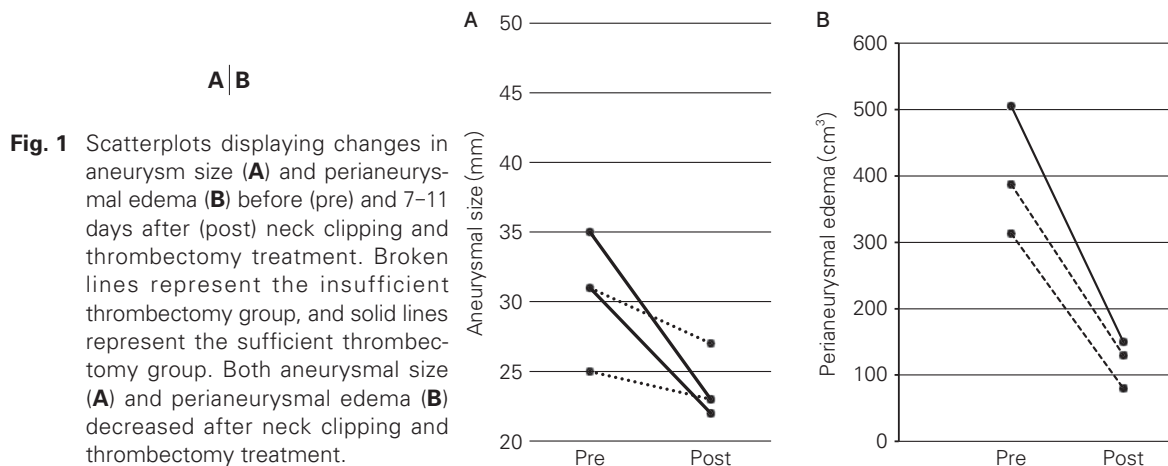
2011年から2015年までの5年間に当科で治療された脳動脈瘤直達術連続799例のうち、脳幹への強い mass effect を有し、迅速な減圧が必要と判断された部分血栓化巨大脳動脈瘤4例(0.5%)を対象とし、retrospective に術式、画像所見、臨床経過を検討した。4例中3例は症候性

¹埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科, ²黒沢病院 脳神経外科(受稿日 2017. 1. 13)(脱稿日 2017. 5. 17)[連絡先: 〒350-1298 埼玉県日高市山根 1397-1 埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科 竹田理々子] [Address correspondence: Ririko TAKEDA, M.D., Ph.D., Department of Cerebrovascular Surgery, International Medical Center, Saitama Medical University, 1397-1 Yamane, Hidaka, Saitama 350-1298, Japan]

Table 1 Patient characteristics

Case	Age sex	Location	Treatment	AN size (mm)	Perifocal edema (cm ³)	Symptoms	Previous treatment	mRS
1	70F	IC-Pcom	Neck clipping, thrombectomy	31	0	III CN palsy	None	0
2	76F	IC-Pcom	Neck clipping, thrombectomy	35	505	III V VI CN palsy hemiparesis	None	3
3	60F	BA-SCA	Neck clipping, thrombectomy	31	387	Cons. disturbance	SAH (Gr. 2) coiling	3
4	72M	BA-SCA	Neck clipping, thrombectomy	25	313	Diplopia hemiparesis	None	0

AN: aneurysm, CN: cranial nerve, mRS: modified Rankin Scale, IC-Pcom: internal carotid artery-posterior communicating artery, BA-SCA: basilar artery-superior cerebellar artery, SAH: subarachnoid hemorrhage



未破裂瘤, 1例は破裂脳動脈瘤のコイル塞栓術後の再増大症例であり, 全例で動脈瘤の増大による進行性の神経症状を呈していた. 動脈瘤の局在は内頸動脈後交通動脈 (internal carotid artery-posterior communicating artery: IC-Pcom) 分岐部が2例, 脳底動脈上小脳動脈 (basilar artery-superior cerebellar artery: BA-SCA) 分岐部が2例であった. 動脈瘤径はMRI T2強調画像水平断にて計測し, 脳浮腫の体積はMRI fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 水平断画像上で free hand ROI でスライスごと (5 mm 幅) に計測し, 各スライスの合計の1/2で計算した. 両者の術前後の差を, 術前の値で割ったものを縮小率とし, Mann-Whitney's U test を用いて統計学的に検討した. 患者の神経学的所見は術前と手術6ヵ月後に modified Rankin Scale (mRS) にて評価した. 4例の臨床所見のまとめを **Table 1** に示した.

結 果

1. 手術手技と術中所見

術前のMRIと造影CT angiography (CTA) 元画像から, 全例で動脈瘤のneck付近には血栓がないと判断し, clipping術を選択した. 術中所見は術前評価と変わらず, 4例

全例で neck clipping が可能であった. さらに, 脳幹への早期の減圧を目的とし, clipping後に全例で動脈瘤切開による thrombectomy を追加した. 具体的には clipping後にインドシアニングリーン (ICG) 蛍光血管撮影を行って, 瘤内への造影剤の流入がないことを確認後, 動脈瘤壁に0.5-1 cmの小切開を加え, 剝離子を用いて血栓を piece by piece に剝離, 摘出した. 血栓が摘出されるにつれて反対側 (脳幹に癒着している側) の瘤壁の拍動が確認された場合に, 十分な減圧が行われたと判断した. 動脈瘤壁を脳幹から剝離する操作は行わなかった. 結果, 2例 (症例1, 2) では十分な減圧が可能であった (thrombectomy 十分群) が, 2例ではすでに挿入されているコイル塊のために (症例3), あるいはかぎられた working space のために (症例4), 減圧は partial と判断された (thrombectomy 不十分群).

2. 術後経過

術後, 全例でCTAで動脈瘤のcomplete clippingが確認され, 動脈瘤径は術前と比較して有意に縮小 (術前平均 30.5 ± 3.6 mm, 術後平均 20.0 ± 4.8 mm; $p = 0.03$) し, 特に thrombectomy 十分群では早期 (7-11日) の縮小率が不十分群に比べて高い傾向にあると思われた (**Fig. 1**). 長期的

Table 2 Transition of aneurysmal size and reduction rate

Case	Location	Size transition (mm) (<i>reduction rate</i> [%]) (time after operation)		
1	IC-Pcom	31 (0) (0 D)	→22 (29.0) (7 D)	→21 (32.2) (26 D)
2	IC-Pcom	35 (0) (0 D)	→23 (34.3) (7 D)	→22 (37.1) (18 D)
3	BA-SCA	31 (0) (0 D)	→27 (12.9) (11 D)	→25 (19.4) (17 M)
4	BA-SCA	25 (0) (0 D)	→23 (8.0) (9 D)	→12 (52.0) (15 M)

D: day, M: month, IC-Pcom: internal carotid artery-posterior communicating artery, BA-SCA: basilar artery-superior cerebellar artery

には、thrombectomy 不十分群でも coil の充填がないものは高い(15 カ月後に 52.0%)縮小率を示したが、coil が充填されているものは低い縮小率(17 カ月後に 19.4%)に留まった(**Table 2**)。周囲脳浮腫も 3 例全例で術後早期(7-11 日)に有意な縮小(平均 70.4% : $p=0.04$)が確認され(**Fig. 1**)。特に coil 塊の入っていない 2 例で顕著であった(それぞれ術後 18 日と 24 日の時点で 90%以上の退縮)。一方、coil 後の症例では、浮腫の退縮が遅かった(5 カ月後で 88.9%)(**Table 3**)。

術後患者の神経症状は全例で改善し、2 例で自宅退院、2 例でリハビリテーション目的に転院となった。術後 6 カ月後の時点での mRS は 0 が 2 例、3 が 2 例であり、現在まで平均 26.2 カ月の follow で動脈瘤の再発や遅発性の adverse effect を認めていない。

症 例

〈症例 2〉76 歳、女性。

右 3, 5, 6 脳神経麻痺、左片麻痺が 6 カ月の経過で進行し、頭部 MRI, digital subtraction angiography(DSA) で右 IC-Pcom に脳幹を強く圧迫する長径 35 mm の部分血栓化脳動脈瘤を認めたため、当科紹介となった。脳幹には広汎な浮腫が確認された(**Fig. 2A, B**)。術前の意識レベルは Japan Coma Scale(JCS) II-10 で、強い顔面痛と外眼筋のほぼ完全麻痺、manual muscle test(MMT)2/5 の左半身麻痺があり、ADL は bed ridden の状態であった(mRS 4)。手術は trans-sylvian approach で、十分な surgical corridor を得るためシルビウス裂の広い開放を行った(**Fig. 2C**)。動脈瘤 dome はテントに強く癒着しており、neck 付近の血栓の広がりを術中 ICG 造影にて評価した後、Pcom, anterior choroidal artery を直視下に温存しながら内頸動脈を形成するように 4 つの ring clip で neck clipping を行った(**Fig. 2D**)。ICG で動脈瘤内の血流の消失を確認後、テ

Table 3 Transition of perianeurysmal edema and reduction rate

Case	Location	Perianeurysmal edema (mm ³) (<i>reduction rate</i> [%]) (time after operation)			
2	IC-Pcom	505 (0) (0 D)	→150 (70.3) (7 D)	→46 (90.9) (18 D)	
3	BA-SCA	387 (0) (0 D)	→130 (66.4) (11 D)		→43 (88.9) (5 M)
4	BA-SCA	313 (0) (0 D)	→80 (74.4) (9 D)	→17 (94.6) (24 D)	→0 (100) (8 M)

D: day, M: month, IC-Pcom: internal carotid artery-posterior communicating artery, BA-SCA: basilar artery-superior cerebellar artery

トを切開して dome の一部を露出させ、約 1 cm の切開を加えて内部血栓の摘出を行った(**Fig. 2E**)。瘤内が減圧され、奥の動脈瘤壁が拍動していることが確認された時点で血栓の摘出を終了し、切開部を縫縮して手術を終了した。術後神経学的所見は徐々に改善し、3D-CTA で complete clipping が、MRI では動脈瘤の著明な縮小と、脳幹の浮腫の消退が確認され(**Fig. 2F, G**)。術後 21 日目にリハビリテーション目的に転院された。術後 6 カ月の時点で、外眼筋麻痺は残存したが、顔面痛、片麻痺はほぼ消失し、家庭内 ADL は自立している(mRS 3)。

〈症例 3〉60 歳、女性。

World Federation of Neurological Surgeons(WFNS) grade II のくも膜下出血で発症した大型の左 BA-SCA 動脈瘤に対し、急性期にコイル塞栓術が施行され、mRS 2 で退院した(**Fig. 3A, B**)が、半年後に coil compaction をきたし、2 回の追加塞栓が施行されるもさらに増大し、SAH から 1 年後に長径 31 mm の部分血栓化瘤となった。脳幹圧迫、広汎な浮腫も出現し、意識障害も呈したため当科紹介となった(**Fig. 3C, D**)。術前の意識レベルは JCS II-10 で、外眼筋のほぼ完全麻痺、MMT 3/5 の右半身麻痺があり、ほぼ bed ridden の状態であった(mRS 4)。手術は orbito-zygomatic approach にてシルビウス裂を広く展開したのち、retro-carotid space より basilar cistern に進入し(**Fig. 3E**)、動脈瘤に癒着している P1 穿通枝、続いて neck を剥離し、neck 付近の血栓の広がりを術中 ICG 造影にて評価した後、脳底動脈を temporary clip で遮断下に clipping を施行した(**Fig. 3F**)。ICG で動脈瘤内の血流の消失を確認後、dome に小切開を入れ、thrombectomy を行った(**Fig. 3G**)が、コイル塊のため、脳幹の減圧に十分な動脈瘤の縮小にはいたらなかった。術後意識障害は徐々に改善し、脳血管造影で complete clipping が、MRI では動脈瘤の縮小と、脳幹の浮腫の改善が確認され(**Fig. 3H, I**)、意思の疎通も十分に行えるようになり(JCS I-2)、術

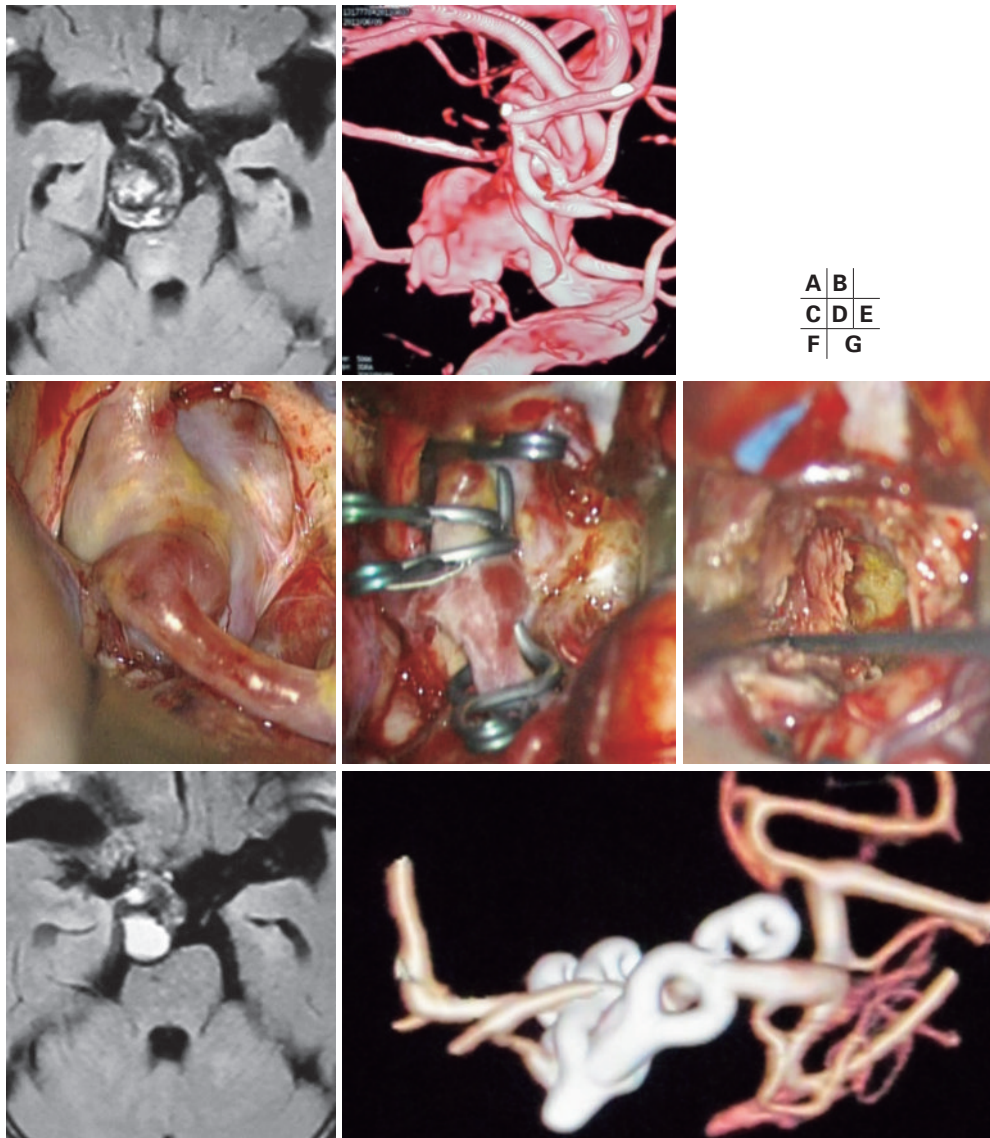


Fig. 2 Radiological data of the partially thrombosed right internal carotid artery-posterior communicating artery (IC-Pcom) aneurysm for which neck clipping and thrombectomy treatment were performed (Case 2).

A, B: Preoperative magnetic resonance imaging (MRI) demonstrating a partially thrombosed aneurysm compressing the brainstem, with perianeurysmal edema.

C-E: Intraoperative photographs of the aneurysm before (**C**) and after (**D**) clipping and during thrombectomy (**E**).

F: Postoperative MRI (19 days later) demonstrating reduction of aneurysm mass and edema.

G: Postoperative 3-dimensional computed tomography angiography.

後21日目にはリハビリテーション目的に転院された(mRS 4).

考 察

部分血栓化脳動脈瘤の自然経過が不良なことは周知の事実であるが、その治療は一般的に困難で challenging であ

ることもよく知られている。Lawton ら⁷⁾は血栓と母血管の関係から部分血栓化脳動脈瘤を6タイプに分類し、治療法として neck clipping が最も良好な手術結果につながったと述べている。可能であれば瘤内への血流を完全に遮断する direct clipping が最も有効であること¹²⁾は論を俟たないが、clipping が困難な症例も多く、バイパス後に trap-

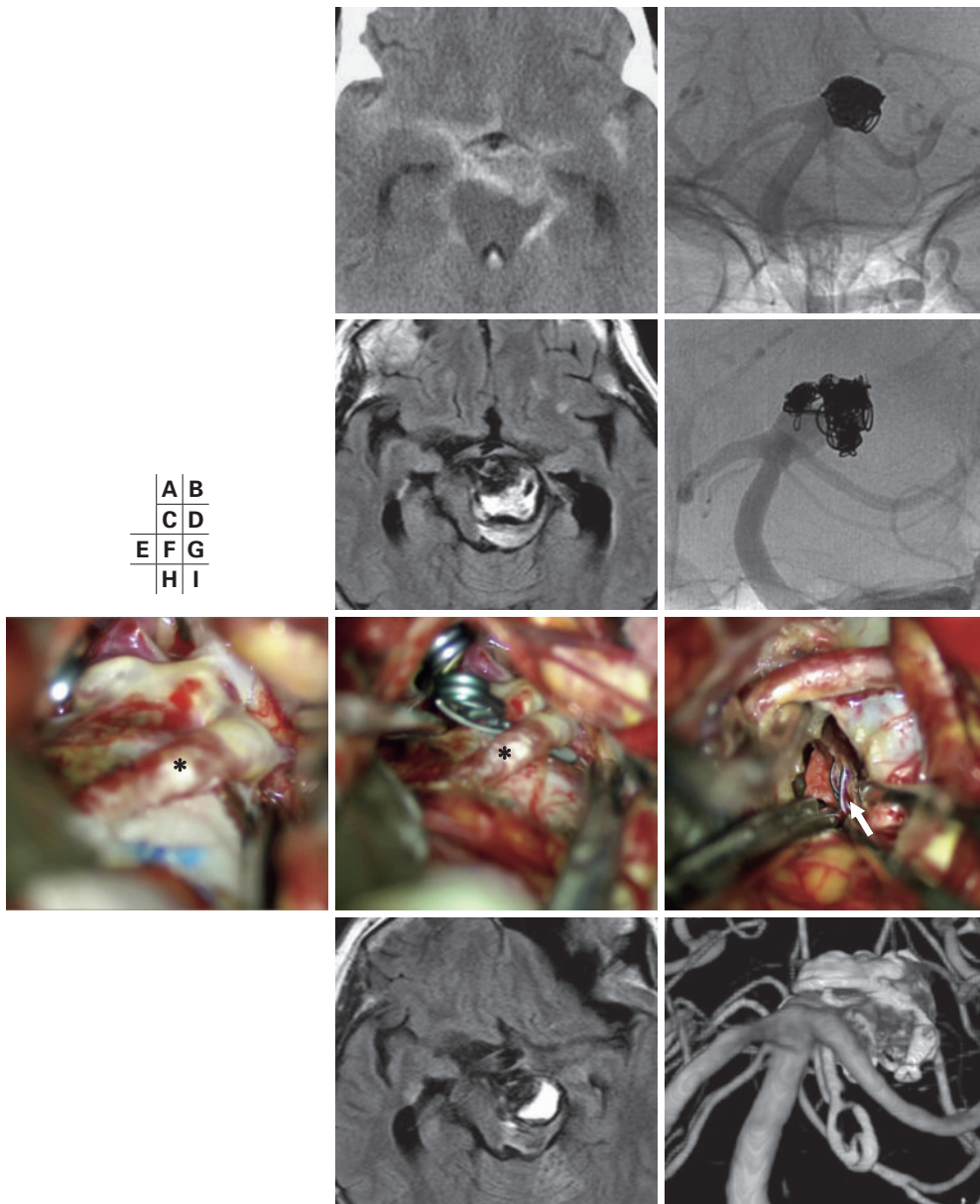


Fig. 3 Radiological data of the partially thrombosed basilar artery (BA)-left superior cerebellar artery (SCA) aneurysm for which neck clipping and thrombectomy treatment were performed (Case 3).

A, B: Initial computed tomography demonstrating subarachnoid hemorrhage (SAH) (**B**) and BA-left SCA aneurysm (5.4 × 15.3 mm) after first coil embolization.

C, D: Radiological data (**C**: magnetic resonance imaging, **D**: digital subtraction angiography [DSA]) after two additional coil embolization procedures performed because of coil compaction.

E-G: Intraoperative photographs of the aneurysm before (**E**) (*: left PCA), after (**F**) (*: left PCA) clipping, and during thrombectomy (**G**) (arrow: loops of coils).

H, I: Radiological data at 11 days postoperatively (**H**: magnetic resonance imaging [MRI], **I**: DSA) after neck clipping and thrombectomy, demonstrating reduction of aneurysm mass and edema.

pingを行った報告や⁴⁾, neck部分に血栓がある症例に対して, thrombectomy後にclip reconstructionを行った症例³⁾¹¹⁾なども報告されている. 一方で, direct clippingが可能であった場合に, 動脈瘤内の血栓除去も同時に行うことの有用性に関しては, 十分に検討されてはならず, 現在まで不明である.

周囲脳への圧迫により症候性となることが多い部分血栓化脳動脈瘤に対する外科治療の目的は, 将来的な出血予防とともに, mass effectの軽減・解除にあるが, これまで治療前後で動脈瘤径や周囲浮腫を比較した論文は少ない. その中で, Miyamotoら⁹⁾は脳底動脈の部分血栓化巨大脳動脈瘤に対してバイパスを併用したflow reduction

surgeryの前後で, residual lumen径と動脈瘤径について詳細に比較・検討して報告している. 彼らの経験では, residual lumenは治療後に有意に縮小したが, 動脈瘤径については縮小傾向はあるものの有意差は得られなかった. しかし, 完全に血栓化したものについては, 有意に縮小した.

今回われわれは, neck clipping後にthrombectomyを施行した部分血栓化脳動脈瘤症例の画像上の治療効果に注目して検討した. 結果, 全例で術後早期に動脈瘤径, 周囲浮腫ともに有意に縮小・消退することが確認された. complete clippingがすべての症例で確認されているため, thrombectomyを追加しなくとも瘤内の完全血栓化に

より経時的に徐々に動脈瘤が縮小した可能性はあるが、積極的に血栓除去を行うことにより、直後より動脈瘤の高い縮小率が得られた。周囲脳浮腫に関しても、動脈瘤サイズと血栓の存在が risk factor とする報告²⁾があり、早期の mass reduction のみでなく、血栓自体の除去がその早期消退に影響する可能性も示されている。今回の検討でも、thrombectomy が不十分でも coil の充填がなかった症例では早期から浮腫は消退し、積極的な血栓除去を併用することにより、画像上の改善とともに早期の神経所見の改善につながる可能性が示唆された。

動脈瘤内の thrombectomy の手法に関しては、CUSA を使用した報告もあるが⁵⁾、われわれは血栓内膜剝離術 (carotid endarterectomy : CEA) 用の剝離子を使用し、脳動脈瘤壁内の CEA を行うイメージで層状になっている血栓を piece by piece に剝離・摘出する方法をとった。本法は深い術野で、小切開窓を介する狭い窓口からも安全に血栓の剝離が可能であり、血栓除去に伴う合併症はみられなかった。また、今回は血栓除去により脳幹に癒着している側の瘤壁の拍動が確認された場合に十分な減圧が行われたと判断し、脳幹側の動脈瘤壁を剝離する操作は行わなかった。これは剝離により脳幹に新たな損傷を生じることを防ぐためであり、実際に術後の画像、神経学的所見ともに新たな脳幹症状の出現を認めなかった。動脈瘤切開に際しては、完全に母血管と遮断ができていくかどうかの判断に、ICG 造影がきわめて有用であった。ただ、巨大脳動脈瘤ではしばしば瘤壁が厚く、ICG 造影で必ずしも neck の完全閉塞が確認できない症例が存在する可能性が考えられる。このような可能性に対し、Hybrid OR が使用できる場合は術中脳血管撮影を併用していくことも積極的に検討すべきであると考えられる。

血管内治療技術の進歩により、部分血栓化脳動脈瘤に対してコイル塞栓術で治療している報告も散見されるが¹⁾⁸⁾、neck 付近に血栓がない症例は可及的に clipping 術が選択されるべきと思われる。特に脳幹を強く圧迫している症例では、迅速かつ確実な減圧のために、clipping 後に動脈瘤切開による thrombectomy を加えることは有用と思われた。

結 語

脳幹を強く圧迫する部分血栓化巨大脳動脈瘤 4 例に対して、頸部 clipping 後に動脈瘤切開による血栓除去を加え

ることにより、早期に高い mass effect の解除と脳浮腫の消退が得られ、良好な転帰が得られた。迅速かつ確実な減圧効果が得られる本法は、特に mass effect が critical な部分血栓化動脈瘤に対して考慮すべき術式である。

文 献

- 1) Cho YD, Park JC, Kwon BJ, *et al*: Endovascular treatment of largely thrombosed saccular aneurysms: follow-up results in ten patients. *Neuroradiology* 52: 751-758, 2010
- 2) Dengler J, Maldaner N, Bijlenga P, *et al*: Perianeurysmal edema in giant intracranial aneurysms in relation to aneurysm location, size, and partial thrombosis. *J Neurosurg* 123: 446-452, 2015
- 3) Eliava S, Pilipenko Y, Shekhtman O, *et al*: Reversal of intraoperative arterial thrombosis with a fibrinolytic agent when treating large and giant partially thrombosed aneurysms of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 124: 1114-1122, 2016
- 4) Hasegawa H, Inoue T, Tamura A, *et al*: Tailored flow sequestration treatment using high-flow and low-flow bypass for partially thrombosed giant internal carotid artery aneurysm—a technical case report. *Neurosurg Rev* 39: 699-705, 2016
- 5) Kato N, Prinz V, Finger T, *et al*: Multiple reimplantation technique for treatment of complex giant aneurysms of the middle cerebral artery: technical note. *Acta Neurochir*(Wien) 155: 261-269, 2013
- 6) Krings T, Alvarez H, Reinacher P, *et al*: Growth and rupture mechanism of partially thrombosed aneurysm. *Interv Neuro radiol* 13: 117-126, 2007
- 7) Lawton MT, Quiñones-Hinojosa A, Chang EF, *et al*: Thrombotic intracranial aneurysms: classification scheme and management strategies in 68 patients. *Neurosurgery* 56: 441-454, 2005
- 8) 松本康史, 近藤竜史, 清水宏明, ほか: 治療困難な脳動脈瘤: 現在の血管内手術に残された課題. *脳外誌* 22: 749-758, 2013
- 9) Miyamoto S, Funaki T, Iihara K, *et al*: Successful obliteration and shrinkage of giant partially thrombosed basilar artery aneurysms through a tailored flow reduction strategy with bypass surgery. *J Neurosurg* 114: 1028-1036, 2011
- 10) Roccatagliata L, Guédin P, Condette-Auliac S, *et al*: Partially thrombosed intracranial aneurysm: symptoms, evolution, and therapeutic management. *Acta Neurochir*(Wien) 152: 2133-2142, 2010
- 11) Sugita M, Kinouchi H, Nishiyama Y, *et al*: Direct clipping of a thrombosed giant cerebral aneurysm after thrombectomy without bleeding to minimize the temporary occlusion time. *Neurol Med Chir*(Tokyo) 49: 600-603, 2009
- 12) Yang K, Park JC, Ahn JS, *et al*: Characteristics and outcomes of varied treatment modalities for partially thrombosed intracranial aneurysms: a review of 35 cases. *Acta Neurochir*(Wien) 156: 1669-1675, 2014